

VESI- JA YMPÄRISTÖHALLITUKSEN M O N I S T E S A R J A

Nro 636

**KLOORIFENOLIEN SAASTUTTAMIEN SAHA-
ALUEIDEN KUNNOSTUKSEN NYKYTILA**

Mika Mikkola ja Sauli Viitasaari

VESI- JA YMPÄRISTÖHALLITUKSEN MONISTESARJA

Nro 636

**KLOORIFENOLIEN SAASTUTTAMIEN SAHA-
ALUEIDEN KUNNOSTUKSEN NYKYTILA**

Mika Mikkola ja Sauli Viitasaari

Tekijät ovat vastuussa julkaisun sisällöstä, eikä siihen voida vedota vesi- ja ympäristöhallituksen virallisena kannanottona.

Julkaisua saa Kokkolan vesi- ja ympäristöpiiristä, (1.3.1995 alkaen Keski-Pohjanmaan ympäristökeskus) puh. (968) 827 9111.

ISBN 951-53-0142-4

ISSN 0783-3288

Painopaikka: Vesi- ja ympäristöhallituksen monistamo, Helsinki 1995

KUVAILULEHTI

Julkaisija
Vesi- ja ympäristöhallitus
Kokkolan vesi- ja ympäristöpiiri

Julkaisun päivämäärä
Helmikuu 1995

Tekijä(t) (toimielimestä: nimi, puheenjohtaja, sihteeri)
Mika Mikkola ja Sauli Viitasaari

Julkaisun nimi (myös ruotsinkielinen)
Kloorifenolien saastuttamien saha-alueiden kunnostuksen nykytila
(Nuläget beträffande sanering av sågområden som kontaminerats av klorfenoler)

| | | |
|----------------|----------------------------|--------------------------|
| Julkaisun laji | Toimeksiantaja | Toimielimen asettamispvm |
| Raportti | Vesi- ja ympäristöhallitus | |

Julkaisun osat

Tiivistelmä

Tässä raportissa on esitetty kloorifenolien saastuttamien saha-alueiden kunnostuksen nykytila. Hankekohtaisia kunnostustietoja on saatu viranomaisilta, konsulteilta, sahakiinteistöjen omistajilta sekä sahaustoiminnanharjoittajilta. Saatujen hanketietojen perusteella on tulostettu yhteenveto kaikista toteutetuista kunnostushankkeista. Yleisintä kloorifenolipitoisen maan kunnostusmenetelmää, kompostointia, on tarkasteltu lähemmin ja selvitetty tilastollisesti siihen vaikuttavia tekijöitä. Lisäksi on käsitelty omana kappaleenaan saha-alueilla suoritettuja tutkimuksia ja esitetty niiden valtakunnallinen jakauma.

Kloorifenolien saastuttamien saha-alueiden kunnostuksia on toteutettu yhdentoista vesi- ja ympäristöpiirin alueella. Tähän mennessä on käsitelty eri menetelmin yhteensä 44 sahakiinteistön saastunut pohjamaa. Kloorifenolipitoisen maan kunnostusmenetelmänä on käytetty lähes poikkeuksetta kompostointia. Hyvin lievästi saastuneet maat on yleensä läjitetty joko saha-alueen läheisyyteen tai kaatopaikalle.

Kompostoinnin tavoitepitoisuus on saavutettu tähän mennessä loppuun saatetuissa hankkeissa keskimäärin alle kahdessa vuodessa. Massan korkea lähtöpitoisuus näyttää heikentävän kompostin toimintaa ja ympin lisääminen puolestaan parantaa sitä jonkin verran. Yli 1000 mg/kg ka lähtöpitoisuuksia tulisi aumoissa välttää, sillä tällaisten kompostien toiminta on heikkoa ympin lisäämisestä huolimatta. Kompostimassassa tapahtuvien metyloitumisprosessien merkitys on olemassa olevien seurantatulosten perusteella oletettua vähäisempi.

Dioksiinien ja furaanien esiintymistä on tutkittu vain harvoissa kunnostuskohteissa, mutta tutkimukset ovat kaikissa tapauksissa johtaneet toimenpiteisiin. Saha-alueita kaavoitetaan yhä useammin asuntorakentamiseen, jolloin dioksiineille ja furaaneille altistumisen riski kasvaa. Dioksiini- ja furaaniyhdisteiden tutkimista maaperästä ja käsitellyistä kompostimassoista ennen loppusijoittamista on jatkossa tehostettava, mikä vaatii keskitettyä näytteenottoa ja analysointia kustannustason alentamiseksi.

Asiasanat (avainsanat)

Saha-aluekunnostukset, kompostointi, poltto, kloorifenolit, dioksiinit, furaanit, metyloituminen, kloorifenolitutkimukset

Muut tiedot

| | | | |
|--|-------|----------------------------|--------------------|
| Sarjan nimi ja numero | | ISBN | ISSN |
| Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 636 | | 951-53-0142-4 | 0783-3288 |
| Kokonaissivumäärä | Kieli | Hinta | Luottamuksellisuus |
| 63 | Suomi | 36,60 mk | Julkinen |
| Jakaja | | Kustantaja | |
| Kokkolan vesi- ja ympäristöpiiri | | Vesi- ja ympäristöhallitus | |
| Torikatu 40 B, 67100 Kokkola | | PL 250 | |
| p. (968) 8279111 | | 00101 Helsinki | |
| 01.03.1995 alkaen Keski-Pohjanmaan ympäristökeskus | | | |

PRESENTATIONSBLAD

Utgivare

Vatten- och miljöstyrelsen
Karleby vatten- och miljödistrikt

Utgivningsdatum

Februari 1995

Författare (uppgifter om organet: namn, ordförande, sekreterare)

Mika Mikkola och Sauli Viitasaari

Publikation (även den finska titeln)

Nuläget beträffande saneringen av sågområden som kontaminerats av klorfenoler
(Kloorifenolien saastuttamien saha-alueiden kunnostuksen nykytila)

Typ av publikation

Rapport

Uppdragsgivare

Vatten- och miljöstyrelsen

Datum för tillsättandet av organet

Publikationens delar

Referat

I denna rapport presenteras den aktuella situationen vad gäller saneringen av sågområden som har kontaminerats av klorfenoler. Uppgifter om saneringen projektvis har fått av myndigheter, konsulter, ägare till sågfastigheter samt personer som bedrivit sågverksamhet. På basis av projektuppgifterna har ett sammandrag av alla förverkligade saneringsprojekt skrivits ut. Den vanligaste metoden för rening av klorfenolhaltig mark, kompostering, har granskats närmare och de därvid inverkanse faktorererna har utretts statistiskt. Dessutom har separat behandlats de undersökningar som utförts på sågområdena, och deras fördelning över landet presenteras.

Saneringar av sågområden som har kontaminerats av klorfenoler har genomförts på elva vatten- och miljödistrikts områden. Hittills har man med olika metoder behandlat den förorenade marken kring sammanlagt 44 sågfastigheter. Kompostering har så gott som utan undantag använts som reningsmetod för den klorfenolhaltiga marken. Mycket lindrigt kontaminerad jord har i allmänhet dumpats antingen i närheten av sågområdet eller på soptippen.

Den halt som man haft som mål vid komposteringen har uppnåtts i genomsnitt på mindre än två år i de projekt som hittills har slutförts. Hög utgångshalt i massan förefaller försvaga kompostens aktivitet och ymptillsättning å sin sida förbättra den något. Utgångshalter på i medeltal över 1000 mg/kg bör undvikas i komposthögar, ty i sådana komposter är aktiviteten svag trots ymptillsatsen. Betydelsen av metyleringsprocesserna i kompostmassan är på basis av de förefintliga uppföljningsresultaten mindre än vad man antagit.

Förekomsten av dioxiner och furaner har undersökts endast i ett fåtal saneringsobjekt, men undersökningarna har i samtliga fall lett till åtgärder. Sågområden planeras allt oftare för bostadsbyggande, vilket gör att risken att bli utsatt för dioxiner och furaner ökar. I fortsättningen måste undersökningen av dioxin- och furanföreningar i jordmånen och i de behandlade kompostmassorna effektiviseras, vilket kräver koncentrerad provtagning och analysering för att få ner kostnadsnivån.

Sakord (nyckelord)

Sanering av sågområden, kompostering, bränning, klorfenoler, dioxiner, furaner, metylering, klorfenolundersökningar

Övriga uppgifter

Seriens namn och nummer

Vatten- och miljöstyrelsens duplikatserie nr 636

ISBN

951-53-0142-4

ISSN

0783-3288

Sidantal

63

Språk

Finska

Pris

36,60 mk

Sekretessgrad

Offentlig

Distribution

Karleby vatten- och miljödistrikt
Torggatan 40 B, 67100 Karleby
tel. (968) 8279111
början av 01.03.1995 Mellersta Österbottens miljöcentral

Förlag

Vatten- och miljöstyrelsen
PB 250
00101 Helsingfors

Published by
National Board of Waters and the Environment
Water and Environment District of Kokkola

Data of publication
February 1995

Author(s)
Mika Mikkola and Sauli Viitasaari

Title of publication
The present situation of remediation at sawmill sites contaminated by chlorophenols
(Kloorifenolien saastuttamien saha-alueiden kunnostuksen nykytila)

| | |
|--------------------------------------|--|
| <i>Type of publication</i> Report | <i>Commissioned by</i> National Board of Waters and the Environment |
|--------------------------------------|--|

Parts of publication

Abstract

This is a study of the present situation of remediation at sawmill sites. Information of the clean-up and restoration projects is obtained from environmental authorities, consultants and from instructors of the sawmill business. On the ground of this data is drawn up the summary of the remediation projects putted into practice. Composting, the most common method of restoration, is picked out for closer consideration. The influence of different factors of conditions are studied statistically. In addition to this are the explorations of ground carried out at sawmill sites studied as an own chapter.

Remediation and restoration projects of sawmill sites are carried out in Finland almost in every provinces. Up to date in all 44 sawmill sites has been treated with different clean-up methods. Almost without exception has composting been used as a treating method. Very slightly polluted soil has been heaped up on the sawmill site or on the dumping-ground.

On an average the aim content has been reached upon two years of composting. The high content of chlorophenols in starting seems to slow down the process. Instead of that the added bacteria, white mould fungus or old compost mass are clearly improving factors for composting. In new compost piles one should avoid contents of chlorophenols more than 1000 mg/kg (dried matter). This kind of composting units are not so operative despite the addition of above-mentioned composting furtherers. On the basis of monitoring results the methylation processes are of less consequence than supposed.

Occurrence of dioxines and furans is only explored in few remediation projects, but the results have led in every cases to some action. The interest of converting sawmill sites into residential areas is continually increasing. Thus the risk of become exposed to these toxins is getting more and more obvious. Therefore we have to tighten up the exploration of dioxine and furan contents of ground and defusing compost piles. To make this possible we have to reduce the costs of explorations by centralizing sampling and analyzing.

Keywords

Remediation of sawmill sites, composting, chlorophenols, methylation, dioxines, furans, exploration of sawmill sites

Other information

Series (key title and no.)
Mimeograph Series of the National Board of
Waters and the Environment no. 636

ISBN
951-53-0142-4

ISSN
0783-3288

Pages
63

Language
Finnish

Price
36,60 FIM

Confidentiality
Public

Distributed by
Water and Environment District of Kokkola
Torikatu 40 B, 67100 Kokkola, Finland
Tel. (968) 8279111 (since 01.03.1995 Central
Ostrobothnia Regional Environment Centre)

Publisher
National Board of Waters and the environment
PO Box 250, SF-00101 HELSINKI, FINLAND

ALKUSANAT

Tämä julkaisu on tehty Kokkolan vesi- ja ympäristöpiirissä syksyn 1994 ja kevään 1995 kuluessa. Selvityksen tiedonkeruuvaihe on rahoitettu piirin muihin tutkimuksiin myönnettyistä säästyneistä varoista. Raportin työstämiseen ja julkaisukelpoiseksi saattamiseen saatiin lisäksi määräraha vesi- ja ympäristöhallitukselta.

Kiitämme vesi- ja ympäristöpiirien SAMASE-henkilöstöä, lääninhallitusten saastuneiden maa-alueiden vastuuhenkilöitä, kuntien ympäristösihteerejä, konsulttitoimistoja sekä sahaustoiminnanharjoittajien edustajia saamastamme informaatiosta sekä myönteisestä suhtautumisesta tähän selvitykseen. Lisäksi haluamme esittää kiitoksemme Juhani Puolanteelle, Ari Seppäselle, Helena Dahlbolle, Ulrich Jeltschille, Minna Laineelle ja Kaija Savelaiselle, joilta saamamme palaute on omalta osaltaan vaikuttanut raportin sisältöön.

Mika Mikkola
Sauli Viitasaari

SISÄLLYS

| | |
|---|----|
| ALKUSANAT | 6 |
| 1 YLEISTÄ | 9 |
| 1.1 Tutkimuksen tarkoitus | 9 |
| 1.2 Saha-alueiden määrä ja riskiluokitus | 9 |
| 1.3 Tutkimus- ja kunnostustietojen hankinta | 11 |
| 2 SAHA-ALUEILLA SUORITETUT TUTKIMUKSET | 11 |
| 2.1 Tutkimusten määrä ja valtakunnallinen jakauma | 11 |
| 2.2 Maaperätutkimukset | 12 |
| 2.2.1 Kloorifenolipitoisuus | 12 |
| 2.2.2 Dioksiini- ja furaanipitoisuus | 13 |
| 3 KUNNOSTETTUIJEN KOHTEIDEN KUVAUS | 13 |
| 3.1 Helsingin vesi- ja ympäristöpiiri | 13 |
| 3.1.1 Vapo Oy:n Röykän saha, Nurmijärvi | 13 |
| 3.1.2 Lahdentaan saha, Hattula | 14 |
| 3.1.3 Rauma-Repola Oy, Lahti | 14 |
| 3.1.4 Vihavuoden saha, Hauho | 15 |
| 3.1.5 Sotka Oy Hämeenlinnan saha, Hämeenlinna | 15 |
| 3.1.6 Koskisen Oy Pakaan saha, Orimattila | 15 |
| 3.1.7 Tavastimber Ltd, Hämeenkoski | 16 |
| 3.1.8 Paloheimo Oy Riihimäen saha, Riihimäki | 16 |
| 3.2 Turun vesi- ja ympäristöpiiri | 16 |
| 3.2.1 Metsä-Serla Oy Kyrön saha, Karinainen | 16 |
| 3.2.2 Metsäteollisuus Oy Paimion saha, Paimio | 17 |
| 3.3 Tampereen vesi- ja ympäristöpiiri | 17 |
| 3.3.1 Nokia Oy:n entinen Sattulan saha, Nokia | 17 |
| 3.3.2 Kulkkilan saha, Tampere | 17 |
| 3.3.3 Oy Kyro Wood Ltd:n saha, Hämeenkyrö | 17 |
| 3.4 Kymen vesi- ja ympäristöpiiri | 18 |
| 3.4.1 Saharanta, Parikkala | 18 |
| 3.4.2 Tampella Oy:n Inkeröisten saha, Anjalankoski | 18 |
| 3.4.3 Kaukas Oy:n Huhmarniemen saha, Lappeenranta | 19 |
| 3.4.4 Myllykoski Oy Kausalan saha, Iitti | 19 |
| 3.4.5 Keskitalon saha, Jaala | 20 |
| 3.4.6 Kaukas Oy:n Pikisaaren saha, Lappeenranta | 20 |
| 3.5 Mikkelin vesi- ja ympäristöpiiri | 21 |
| 3.5.1 Helsingin kaupungin puutavarakeskus, Heinolan mlk | 21 |
| 3.5.2 Enso-Gutzeit Oy:n Heinolan tehtaiden saha, Sahaniemen alue, Heinola | 21 |
| 3.5.3 Innomer Oy:n entinen Sotkan saha, Mikkelin mlk | 22 |
| 3.6 Kuopion vesi- ja ympäristöpiiri | 22 |
| 3.6.1 Sikoniemi, Kuopio | 22 |
| 3.6.2 Peuran saha, Suonenjoki | 23 |
| 3.6.3 Metsä-Serla Oy:n Ylä-Savon saha, Luuniemi, Iisalmi | 23 |
| 3.6.4 Luuniemen alue, Iisalmi | 23 |
| 3.6.5 Iisalmen Sahat Oy, Peltosalmi, Iisalmi | 24 |
| 3.7 Pohjois-Karjalan vesi- ja ympäristöpiiri | 24 |
| 3.8 Vaasan vesi- ja ympäristöpiiri | 25 |

| | | |
|--------|--|----|
| 3.8.1 | Botnia Wood Oy Bölen saha, Närpiö | 25 |
| 3.8.2 | Botnia Wood Oy entinen Säntin saha, Teuva | 25 |
| 3.9 | Keski-Suomen vesi- ja ympäristöpiiri | 26 |
| 3.9.1 | Rantakylän saha Ky, Karstula | 26 |
| 3.9.2 | Olkkolan saha, Jämsä | 26 |
| 3.9.3 | Metsä-Serla Oy:n Riihivuoren saha, Suolahti | 26 |
| 3.9.4 | Metsä Koski Oy Vaajakosken saha (Sammallahden saha), Jyväskylän mlk | 27 |
| 3.9.5 | Pohjan saha Oy (Toras Oy), Jyväskylän mlk | 27 |
| 3.9.6 | Rautaura Oy:n entinen Laitisen saha, Laukaa | 28 |
| 3.9.7 | Mahlun saha (Saarijärven Puu), Saarijärvi | 28 |
| 3.9.8 | Rauma-Repolan vanha kaatopaikka, Suolahti | 28 |
| 3.9.9 | Nurmisen saha, Korpilahti | 29 |
| 3.10 | Kokkolan vesi- ja ympäristöpiiri | 29 |
| 3.10.1 | Kaustisen saha-alue, Kaustinen | 29 |
| 3.11 | Oulun vesi- ja ympäristöpiiri | 30 |
| 3.11.1 | Santaholman saha, Haukipudas | 30 |
| 3.11.2 | Jounilan saha, Oulainen | 30 |
| 3.11.3 | Nikulan puu, Pudasjärvi | 31 |
| 3.11.4 | Sahaustoiminta Oy, Vihanti | 31 |
| 3.12 | Kainuun vesi- ja ympäristöpiiri | 31 |
| 3.13 | Lapin vesi- ja ympäristöpiiri | 31 |
| 3.13.1 | Kursun puu Oy:n saha, Salla | 31 |
| 3.14 | Yhteenveto | 32 |
| 4 | KOMPOSTOINNIN SEURANTATULOSTEN TARKASTELU | 34 |
| 4.1 | Kokonaiskloorifenolipitoisuuden vähenemään vaikuttavat tekijät | 34 |
| 4.1.1 | Lähtöpitoisuuden vaikutus | 34 |
| 4.1.2 | Valmiiksi kasvatetun hajottajabakteerin lisäämisen vaikutus | 35 |
| 4.1.3 | Kompostin koon vaikutus | 36 |
| 4.1.4 | Seosaineiden vaikutus | 37 |
| 4.2 | Kloorianisoli- ja -veratrolipitoisuus | 38 |
| 4.3 | Dioksiini- ja furaanipitoisuudet | 38 |
| 5 | KUNNOSTUSHANKKEIDEN HALLINNOINTI | 39 |
| 5.1 | Kunnostuspäätökset | 39 |
| 5.1.1 | Kunnostuksen toteuttaminen | 39 |
| 5.1.2 | Käsittelyn (kompostoinnin) lopettaminen ja maa-aineksen loppusijoitus | 40 |
| 5.2 | Rahoitus | 40 |
| 6 | JOHTOPÄÄTÖKSET | 41 |
| | KIRJALLISUUS | 44 |
| | LIITTEET | 47 |
| | Liite 1: Vesi- ja ympäristöpiireihin lähetetty kyselylomake | 47 |
| | Liite 2: Kloorifenolien pitoisuusseuranta: Ymppäämättömät kompostit | 48 |
| | Liite 3: Kloorifenolien pitoisuusseuranta: Ympätyt kompostit | 54 |
| | Liite 4: Kloorifenolien pitoisuusseuranta: Vanhalla kompostimassalla ympätyt aumat | 60 |
| | Liite 5: Metyloitumistuotteiden pitoisuusseuranta | 61 |

1 YLEISTÄ

Kloorifenoliyhdisteiden käytöstä aiheutuneiden ympäristöhaittojen laajuus tuli yleiseen tietoisuuteen 1980-luvun alkupuolella. Kloorifenolipohjaisia yhdisteitä oli tuolloin käytetty sahatavaran suoja-aineina jo viiden vuosikymmenen ajan tietämättä juurikaan niihin liittyvistä riskeistä. Keskustelu kloorifenoliyhdisteiden saastuttamista saha-alueista johti vuonna 1984 Enso-Gutzeit Oy:n Heinolan tehtaan sahalla ensimmäiseen kunnostushankeeseen ja samalla ensimmäisen kloorifenolikompostin perustamiseen.

Kompostointi on osoittautunut varsin tehokkaaksi kloorifenolien saastuttaman maan käsittelymenetelmäksi. Sen kehittämiseksi tehty tutkimustyö on antanut nopeasti hyviä tuloksia ja menetelmällä saavutettavat kustannussäästöt verrattuna esimerkiksi polttoon ovat olleet huomattavia. Tutkimustiedon soveltaminen käytännön hankkeisiin ei ole tietenkään voinut tapahtua ongelmitta. Kompostoidut maa-ainekset ja myös kompostien seuranta ja hoito ovat vaihdelleet eri hankkeissa aiheuttaen varsin laajan kirjon onnistumisia ja epäonnistumisia. Oman erityiskysymyksensä on aiheuttanut kloorifenolivalmisteen sisältämien epäpuhtauksien huomioon ottaminen kunnostushankkeen eri vaiheissa. Nykyisen tietämyksen mukaan kompostointi ei vähennä maa-aineksen dioksiini- ja furaanipitoisuutta. Tällaisten maamassojen käsittelemisessä on käytetty kompostoinnin lisäksi myös muita menetelmiä, kuten ongelmajätelaitoksella tapahtuvaa polttoa tai saastuneen maan eristämistä.

1.1 Tutkimuksen tarkoitus

Vesi- ja ympäristöhallinnon asettama SAMASE-koulutustyöryhmä näki keskuudessaan tarpeelliseksi järjestää tilaisuuden, jossa keskitytään saastuneiden saha-alueiden kunnostamiseen. Erilaisia kunnostusmenetelmiä on tutkittu useiden vuosien ajan intensiivisesti ja esimerkiksi kompostoinnin biologiset ja kemialliset prosessit ovat varsin hyvin tunnettuja. Tutkimuksia on suoritettu sekä laboratorio-olosuhteissa että koekompostointihankkeilla. Kattavaa tutkimusta maassamme toteutetuista käytännön hankkeista ei kuitenkaan ole tehty, eikä edes tähän mennessä suoritettujen kunnostusprojektien määrästä ole ollut subjektiivisia arvioita varmempaa tietoa.

Tässä tutkimuksessa pyritään selvittämään saastuneiden saha-alueiden kunnostuksen ja tutkimuksen nykytila. Painopistealueet on asetettu hankekohtaisten kunnostustietojen selvitystyöhön sekä suoritettujen kunnostustoimenpiteiden – lähinnä kompostoinnin – onnistuneisuuden arviointiin. Kompostoinnin tulosten arvioinnissa on nähty oleelliseksi pohtia eri tekijöiden, kuten lähtöpitoisuuden ja bakteerilisäyksen vaikutusta kloorifenolipitoisuuden vähenemään. Myös aumoissa tapahtuvien metyloitumisreaktioiden vaikutusta tarkastellaan olemassa olevien seurantatulosten pohjalta.

1.2 Saha-alueiden määrä ja riskiluokitus

Saha-alueiden määrää on arvioitu taulukossa 2 vesi- ja ympäristöhallituksen kuntatointon ylläpitämän valtakunnallisen SAMASE-rekisterin perusteella. Vaikka sen sisältämät tiedot osoittautuivatkin kyselyyn vastanneiden mielestä osittain vanhentuneiksi tai puutteellisiksi, voidaan sitä pitää valtakunnallisesti kattavimpana sahatietokantana. Tietokannan epähomogeenisuus johtuu lähinnä vesi- ja ympäristöpiirien välisistä rekisteröinnin painotus- ja tarkkuuseroista. Joissakin piireissä on kirjattu

rekisteriin hyvinkin pienet sahaustoiminnanharjoittajat, kuten kenttäsiirreliit. Useimmiten ne on kuitenkin jätetty vähäisen ympäristönsuojelullisen merkityksensä takia pois tietokannasta. Koska SAMASE-rekisteriä on käytetty raportin työstämisessä ainoastaan tiedonhankinnan apuvälineenä, ei tässä yhteydessä liene syytä tarkemmin puuttua kyseisiin ongelmiin.

SAMASE-rekisterissä on esitetty kullekin sahakiinteistölle nelijakoinen riskiluokitus pohjaveden, maaperän, vesistöjen ja ilman mahdollisen saastumisen suhteen (taulukko 2). Riskiluokalla on pyritty ilmentämään maa-alueen saastuneisuuden todennäköisyyttä ja siten sen tulevaa käsittelytarvetta. Riskiluokitusperusteet on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Saha-alueiden riskiluokitus (Ympäristöministeriö 1994).

| Riskiluokka | Luokitteluperuste |
|-------------|--|
| 01 | Haitan leviäminen ympäristöön on merkityksetöntä , eli koh-teet, joissa saastumista ei hyvin todennäköisesti ole tapahtunut |
| 02 | Haitan leviäminen ympäristöön on mahdollista , mutta erityisiä syitä epäilyyn ei ole. |
| 03 | Haitan leviäminen ympäristöön on todennäköistä , eli on pe-rusteltuja syitä epäillä ympäristön saastuneen. |
| 04 | Haitan leviäminen ympäristöön on todettu mittauksin . |

Taulukko 2. Sahojen jakauma vesi- ja ympäristöpiireittäin sekä pohjaveden ja maape-rän saastumisriskin mukainen priorisointiluokitus valtakunnallisessa SAMASE-rekisteripöiminnassa¹.

| Piiri | Sahojen määrä | Priorisointiluokitus | | | | | | | |
|----------|---------------|----------------------|-----|----|----|---------|-----|-----|----|
| | | Pohjavesi | | | | Maaperä | | | |
| | | 01 | 02 | 03 | 04 | 01 | 02 | 03 | 04 |
| HEVY | 120 | 55 | 46 | 11 | 8 | 34 | 25 | 33 | 28 |
| TUVY | 159 | 1 | 158 | – | – | – | 115 | 39 | 5 |
| TAVY | 47 | 4 | 37 | 1 | 5 | – | 4 | 38 | 5 |
| KYVY | 50 | 6 | 38 | 4 | 2 | 1 | 27 | 12 | 10 |
| MIVY | 57 | – | 57 | – | – | – | 51 | 3 | 3 |
| KUVY | 6 | 4 | – | 1 | 1 | – | 1 | 4 | 1 |
| PKVY | 20 | 1 | 9 | 9 | 1 | – | 6 | 11 | 3 |
| VAVY | 81 | 6 | 58 | 14 | 3 | – | 47 | 29 | 5 |
| KSVY | 45 | 31 | 4 | 4 | 6 | 7 | 12 | 20 | 6 |
| KOVY | 31 | 1 | 27 | 1 | 2 | 2 | 14 | 12 | 3 |
| OUVY | 27 | 3 | 16 | 3 | 5 | 2 | 2 | 14 | 9 |
| KAVY | 8 | – | – | 3 | 5 | – | 1 | 5 | 2 |
| LAVY | 31 | 21 | 6 | 2 | 2 | 13 | 8 | 5 | 5 |
| Yhteensä | 682 | 133 | 456 | 53 | 40 | 59 | 313 | 225 | 85 |

1.3 Tutkimus- ja kunnostustietojen hankinta

Vesi- ja ympäristöpiireille lähetettiin lokakuussa 1994 kysely, jolla pyrittiin selvittämään alueen kloorifenolien saastuttamien saha-alueiden kunnostus- ja tutkimustilanne (liite 1). Kyselykaavakkeen mukana lähetettiin kunkin piirin sahoja koskeva ote valtakunnallisesta SAMASE-rekisteristä. Sahat oli lisäksi järjestetty vastaamisen helpottamiseksi siten, että todennäköisimmiksi kunnostuskohteiksi arvioidut kiinteistöt olivat luettelossa erillisenä jakeena. Tähän jakeeseen valittiin joko pohjaveden tai maaperän suhteen riskiluokkaan 03 tai 04 kuuluvat kohteet.

Kyselyä jatkettiin vesi- ja ympäristöpiireiltä saatujen vastauksien täydentämiseksi ja tarkentamiseksi lähestymällä joko kirjeitse tai puhelimen välityksellä lääninhallituksia, kuntia ja kunnostushankkeita toteuttaneita konsulttitoimistoja. Useissa tapauksissa saatiin lisäinformaatiota suoraan sahaustoiminnan harjoittajilta ja kiinteistönomistajilta.

Tiedonhankintaa ei nähty aiheelliseksi laajentaa näytteitä tutkineisiin laboratorioihin. Sama laboratorio on analysoinut lähes poikkeuksetta kaikki kompostiaumasta otetut näytteet, joten eri analyysimenetelmillä saatujen tulosten tasoeroilla ei tässä yhteydessä ole juurikaan merkitystä.

2 SAHA-ALUEILLA SUORITETUT TUTKIMUKSET

2.1 Tutkimusten määrä ja valtakunnallinen jakauma

Jo kunnostettujen kohteiden (44 kpl) lisäksi kaikkiaan 47 maamme saha-alueella on tehty tutkimus maaperän ja/tai pohjaveden saastuneisuuden selvittämiseksi. Näiden kohteiden lisäksi on 75 sahalla tutkittu alustavasti haitta-aineiden levinneisyyttä tai niiden leviämisen todennäköisyyttä. (taulukko 3)

Saastuneiden saha-alueiden alustavat tutkimukset on yleensä tehty vesi- ja ympäristöpiirien toimesta. Kohteen SAMASE-luokitusta on tutkimustulosten perusteella tarkistettu tarpeen mukaan, ja siten ilmaistu kohteen kunnostustarpeen kiireellisyys. Täydentävissä ja varsinaisissa kunnostukseen tähtäävissä tutkimuksissa on työ usein tilattu konsulttitoimistoilta ja kustannukset liitetty kunnostushankkeeseen.

Suurimmalta osalta tutkituista saha-alueista on löydetty kloorifenoleja tai muita sahatavaran sinistykseenestoaineiden sisältämiä haitta-aineita. Saastuminen on useissa tapauksissa edennyt maaperästä pohjavesiin. Kunnostustoimenpiteet ovat jatkossa välttämättömiä ainakin niillä alueilla, joilla saasteiden leviäminen on esimerkiksi pohjavesien välityksellä mahdollista. Haitta-aineiden poistaminen tulee ajankohtaiseksi myös silloin, kun saha-alueen käyttötarkoitusta aiotaan muuttaa esimerkiksi asuinalueeksi.

Tutkittuja, kunnostamattomia kohteita on eniten Kymen, Vaasan, Mikkelin, Oulun sekä Keski-Suomen vesi- ja ympäristöpiirien alueilla. Alustavasti tutkittuja kohteita puolestaan Helsingin, Kymen, Vaasan ja Kokkolan piireissä. Näillä alueilla tehtäneekin lähivuosina suurin osa maamme saha-aluekunnostuksista. Osalle tutkituista kohteista on jo hankittu kunnostuslupa ja rahoitus.

Taulukko 3. Saha-alueilla tehtyt tutkimukset vesi- ja ympäristöpiireittäin. Kohteet, joissa on jo suoritettu kunnostus, eivät ole mukana taulukossa.

| Piiri | Alueella suoritettu tutkimus | |
|----------|------------------------------|------------|
| | Alustava | Täydentävä |
| HEVY | 19 | 1 |
| TUVY | 4 | 3 |
| TAVY | 5 | 4 |
| KYVY | 11 | 7 |
| MIVY | 3 | 6 |
| KUVY | 5 | – |
| PKVY | 2 | 3 |
| VAVY | 8 | 7 |
| KSVY | 4 | 5 |
| KOVY | 6 | 2 |
| OUVY | 5 | 6 |
| KAVY | 1 | 3 |
| LAVY | 2 | – |
| Yhteensä | 75 | 47 |

2.2 Maaperätutkimukset

2.2.1 Kloorifenolipitoisuus

Alustavan maaperätutkimuksen pyrkimyksenä on selvittää muutamalla näytteellä ja silmävaraisilla havainnoilla alueen saastuneisuutta sekä haitta-aineiden leviämismahdollisuuksia. Näytteenotossa pyritään keskittymään kriittisille alueille, joita ovat esimerkiksi kastelualtaiden ja –yksittäiskastelukourujen ympäristö sekä puutavaraniipujen valutus- ja varastointialueet.

Saha-alueen kunnostukseen tähtäävä kloorifenolimääritys vaatii usein kymmenien maa- ja pohjavesinäytteiden ottamista. Tutkittavilla sahoilla ei ole useinkaan ollut toimintaa vuosiin. Tärkeimpien näytteenottoaikkojen löytäminen on siten tapahtuneiden muutosten takia vaikeaa. Tutkimussuunnitelman laadinnassa käytetään apuna saha-alueen kaavakarttoja, ilmakuvatulkintaa ja vanhojen työntekijöiden lausuntoja. Tutkimustyöt voidaan vaiheistaa kustannusten tasaamiseksi useiden vuosien ajalle.

Kloorifenolien metyloitumistuotteiden pitoisuudet määritetään yleensä vasta poistetusta maa-aineksesta tai kompostimassasta. Suoraan maaperästä ei niiden pitoisuutta ole analysoitu.

2.2.2 Dioksiini- ja furaanipitoisuus

Dioksiinien ja furaanien määrä saattaa olla eräissä tapauksissa maaperän toksisuuden kannalta merkittävin osatekijä. Niiden pitoisuuksien määrittäminen on silti yleensä jätetty kalleutensa vuoksi kokonaan tekemättä. Dioksiini- ja furaaniyhdisteiden huuhtoutuminen on vähäistä, joten ne kertyvät lähinnä maan pintakerrokseen. Niiden pitoisuus tulee tutkia maaperästä ainakin silloin, kun alueen kloorifenolipitoisuudet on havaittu korkeiksi. Tällöin on oletettavaa, että maa-aines sisältää tetra-, tri- ja pentakloorifenolien lisäksi myös KY-5 -kemikaalin valmistusprosessissa epäpuhtauksina syntyneitä dioksiineja ja furaaneja. Kyseisiä yhdisteitä on saattanut muodostua myös poltettaessa laskeutusaltaan sakkoja sahojen omissa lämpökattiloissa, usein varsin epävakaisissa olosuhteissa. Kaatopaikoille kuljetetussa tuhassa on siten ollut mahdollisesti korkeitakin dioksiini- ja furaanipitoisuuksia.

Pitoisuuksia on määritetty tähän mennessä kunnostetuista kohteista ainoastaan Nokia Oy:n Sattulan saha-alueen maaperästä, Rauma-Repolan Lahden sahalla sekä Rauma-Repolan vanhalta kaatopaikalta Suolahdesta. Tutkittujen maanäytteiden pitoisuudet ovat olleet suurimmillaan noin sadan mikrogramman luokkaa. Kyseiset tutkimukset ovat johtaneet kaikissa tapauksissa jatkotoimenpiteisiin: Sattulan sahalla kuljetettiin maa-ainesta käsiteltäväksi Ekokem Oy:lle ja Rauma-Repolan kaatopaikalla olevat saastuneet maamassat eristettiin puhtaalla maalla. Rauma-Repolan Lahden sahalla varastoituna olevien maamassojen käsittely on korkeimman hallinto-oikeuden päätöksen mukaan suoritettava ongelmajätelaitoksessa, mutta töihin ei ole vielä ryhdytty.

3 KUNNOSTETTUIJEN KOHTEIDEN KUVAUS

3.1 Helsingin vesi- ja ympäristöpiiri

3.1.1 Vapo Oy:n Röykän saha, Nurmijärvi

Röykän sahan maaperästä löydettyjen kloorifenolipitoisten maamassojen käsittelemiseksi perustettiin lokakuussa 1989 komposti. Hankesuunnitelman hyväksyi Nurmijärven kunnan ympäristönsuojelusihteeri. Saastunutta maa-ainesta oli yhteensä 120 m³ ja siihen lisättiin ravinteita kompostoitumisen edistämiseksi. Ympäristöä ei käytetty.²

Taulukko 4. Röykän sahan kompostin sisältämien kloorifenoliyhdisteiden ja metyloitumistuotteiden pitoisuusseuranta vuosina 1989–1990. Kts. myös liitteet 2/1 ja 5/1. (Analysointi: Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskus).

| Ajankohta | Keskim. kokonaiskloorifenolipitoisuus [mg/kg ka] | Kloorianisolipitoisuus [μ g/kg ka] |
|-----------|--|---|
| 10/89 | 300 | 30 |
| 5/90 | 95,2 | 400 |
| 10/90 | 10,7 | 60 |

3.1.2 Lahdentaan saha, Hattula

Hattulan kunnan maatalouslautakunta käsitteli kesäkuussa 1991 Lahdentaan sahakiinteistön jätehuoltosuunnitelman. Kiinteistön alueelta kuljetettiin lautakunnan päätöksen mukaisesti 30 m³ saastunutta maa-ainesta Hämeenlinnaan Sotkan sahan kompostiin. Maaperästä otettujen näytteiden kloorifenolipitoisuus oli n. 6200 mg/kg ka. Näytteiden analysoinnista ja kunnostuksen valvonnasta vastasi Insinööritoimisto Paavo Ristola.²

Kompostista ja sen pitoisuusseurannasta on tarkempia tietoja Sotka Oy:n Hämeenlinnan sahan yhteydessä kappaleessa 3.1.5.²

3.1.3 Rauma-Repola Oy, Lahti

Rauma-Repola Oy:n Lahden sahan ongelmajätteen käsittelylupahakemus jätettiin Hämeen lääninhallituksen käsiteltäväksi kesäkuussa 1992. Lupapäätöksen mukainen kompostointi aloitettiin aumojen A ja B kokoamisella syksyllä 1992. Kesällä 1993 perustettiin vielä kaksi aumaa (C ja D), jolloin saastunut maa-aines, yhteensä 4800 m³, oli kokonaisuudessaan käsiteltävänä.²

Kompostissa tapahtuva hajotustoiminta perustui tässä tapauksessa oljessa kasvatetun valkolahosienen toimintaan. Kompostiin sekoitettiin hankkeen konsultoineen Valtameri Osakeyhtiön toimesta valkolahosienen lisäksi sokeria ja hiivaa, joilla pyrittiin varmistamaan sienen ravinnonsaanti.²

Taulukko 5. Rauma-Repola Oy:n kompostiaumojen kokonaiskloorifenolipitoisuuden seuranta vuosina 1992–94. Kts. myös liite 3/1. (Analysointi: Valtameri Oy/Biotol Ltd)

| Ajankohta | Keskim. kokonaiskloorifenolipitoisuus [mg/kg ka] | | | |
|-----------|--|--------|--------|--------|
| | Auma A | Auma B | Auma C | Auma D |
| 9/92 | 203,1 | 173,2 | | |
| 4/93 | 141,5 | 106,9 | | |
| 8/93 | 72,0 | 27,5 | 83,7 | 37,6 |
| 10/93 | 57,6 | 13,6 | 12,0 | 10,9 |
| 4/94 | 28,1 | 12,1 | 10,0 | 8,9 |

Kompostiaumoista on seurattu kloorifenolien lisäksi kloorianisoli ja -veratrolipitoisuuksia. Pitoisuudet ovat olleet koko kompostoinnin ajan alle havaitsemisrajan (0,02 mg/kg ka). Ennen aumojen purkamista (syksyllä 1994) on ainakin yhdestä aumasta tarkoitus analysoida dioksiini- ja furaanipitoisuudet.²

Saha-alueella on kompostoidun maa-aineksen lisäksi varastoituna 536 m³ dioksiini- ja furaanipitoista maata. Kyseistä maamassaa koskee lääninhallituksen päätös, jonka mukaan se on käsiteltävä ongelmajätelaitoksessa. Käsittely voidaan kustannusten tasaamiseksi suorittaa useina erinä.^{3,4}

3.1.4 Vihavuoden saha, Hauho

Hämeen lääninhallitus teki Vihavuoden sahan ympäristölupapäätöksen elokuussa 1993. Sahan saastuneiden maiden – joita oli kaikkiaan 450 m³ – kompostointi aloitettiin kesäkuussa 1994. Komposti perustettiin kuoripedille ja siihen sekoitettiin kuorta, tuhkaa, ureaa ja PK-lannoitetta. Kompostista otettiin ensimmäiset näytteet lokakuussa 1994 ja niiden tulokset on esitetty alla olevassa taulukossa. Lähtöpitoisuuksista ei ole tietoa saatavilla.²

Taulukko 6. Vihavuoden sahan saastuneen maa-aineksen kompostin sisältämien kloorifenolilyhdisteiden ja metyloitumistuotteiden pitoisuus lokakuussa 1994 (Analysointi: PSV Oy).

| Ajankohta | Kokonaiskloori- fenolipitoisuus [mg/kg ka] | Klooriveratroli- pitoisuus [μg/kg] | Kloorianisoli- pitoisuus [μg/kg] |
|-----------|--|--|--|
| 10/94 | 5,5 | 0,2 | 4,1 |

3.1.5 Sotka Oy Hämeenlinnan saha, Hämeenlinna

Kantolanniemen entisen Sotkan saha-alueen maaperän saneeraustyöt tehtiin Hämeen lääninhallituksen myöntämän luvan mukaisesti kesällä 1991. Kloorifenolilla likaantuneet maat, yhteensä n. 4000 m³, kompostoituihin kaivualueen viereen. Lisäksi alueelle kompostoituihin 30 m³ Hollolassa sijaitsevan Lahdentaan sahan saastuneita maa-aineksiä.²

Taulukko 7. Sotka Oy:n Hämeenlinnan sahan kompostoinnin kokonaiskloorifenolipitoisuuden seuranta vuosina 1992–93. Kts. myös liite 2/1. (Analysointi: Insinööritoimisto Ristola Paavo Oy).

| Ajan- kohta | Kokonaiskloorifenolipitoisuus aumassa [mg/kg ka] | | | | | | | Anisoli- pitoisuus [μg/kg ka] |
|----------------|---|-----|------|------|------|-----|-----|-------------------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| 8/91 | 3,8 | 1,8 | 20 | 0,25 | 150 | 41 | 1,7 | 288 |
| 5/92 | 5,3 | 5,5 | 8,0 | 6,4 | 15,0 | 8,0 | 6,0 | 56 |
| 10/92 | 0,8 | 1,3 | 5,2 | 1,0 | 0,9 | 1,0 | 0,5 | 42 |
| 6/93 | 10,2 | 6,0 | 13,6 | 5,5 | 7,7 | 5,2 | 2,7 | |

3.1.6 Koskisen Oy Pakaan saha, Orimattila

Orimattilan kaupungin ympäristölautakunnan hyväksymän jätehuoltosuunnitelman mukainen kloorifenolipitoisen maa-aineksen kompostointi aloitettiin syksyllä 1991. Kompostoitavaa maamassaa oli n. 200 m³ ja siihen lisättiin 150 m³ kuorta sekä lannoitteiksi ureaa ja kaksoissuperfosfaattia. Kiinteistön haltija Koskisen Oy suunnitteli työn itse ja vastasi kaikista hankkeen kustannuksista.^{2,5}

Taulukko 8. Koskisen Oy:n Pakaan sahan kompostointihankkeen kloorifenolipitoisuuden seuranta 1991–1994. Kts. myös liite 2/2. (Analysointi: Lahden kaupungin valvonta- ja tutkimuslaboratorio).

| Ajankohta | Kokonaispitoisuus [mg/kg ka] |
|-----------|------------------------------|
| 9/91 | 0,1–350 ¹⁾ |
| 5/92 | 15,8 |
| 9/92 | 4,6 |
| 5/93 | 17,9 |
| 5/94 | 7,6 |
| 9/94 | 7,0 |

¹⁾ Saastuneesta maa-aineksesta

3.1.7 Tavastimber ltd, Hämeenkoski

Tavastimber ltd:n sahalta löydettiin rakennustöiden yhteydessä kloorifenolilla saastuneita maamassoja. Voimakkaimmin saastunut maa-aines, 340 m³, kuljetettiin kompostoitavaksi Myllykoski Oy:n Kausalan sahalle liittiin. Alueelta poistettiin myös yli 2000 m³ lievästi saastunutta maata, joka läjitettiin saha-alueen läheisyyteen. Tarkempia tietoja kompostointiprosessista on esitetty kappaleessa 3.4.4.^{2,6}

Kunnostusprosessissa ovat toimineet viranomaisina Hämeen lääninhallitus, Hämeenkosken kunnan ympäristölautakunta sekä tarkkailuvelvoitteiden osalta Helsingin vesi- ja ympäristöpiiri.^{2,6}

3.1.8 Paloheimo Oy Riihimäen saha, Riihimäki

Paloheimo Oy:n Riihimäen sahalla aloitettiin kloorifenolipitoisen maa-aineksen kompostointi elokuussa 1994. Hankesuunnitelmasta vastasi Insinööritoimisto Paavo Ristola. Hämeen lääninhallitus antoi lupapäätöksensä hankkeelle saman vuoden syyskuussa. Saastunutta maata poistettiin kaikkiaan 170 m³ ja se sijoitettiin asfaltoidulle sekä viemäroidylle kentälle kompostoitavaksi. Kompostoitavaan maa-ainekseen lisättiin kuoriainesta sekä typpi- ja fosforilannoitteita mikrobien toimintaolosuhteiden optimoimiseksi. Ympäriä ei käytetty.^{2,7}

Hankkeen pitoisuusseurantatietoja ei vielä ole saatavilla.

3.2 Turun vesi- ja ympäristöpiiri

3.2.1 Metsä-Serla Oy Kyrön saha, Karinainen

Kyrön sahalla aloitettiin kompostointi heinäkuussa 1986. Kompostiin sekoitettiin 500 m³ saastunutta maa-ainesta, 1500 m³ kuorta, kalkkia, puhdistamolietettä sekä fosfori-, kali- ja typpilannoitteita. Kompostin lähtöpitoisuuden maksimiarvoksi mitattiin 234 mg/kg ka ja vuoden 1988 elokuuhun mennessä se oli tetrakloorifenolin osalta laskenut 0,03 mg/kg:aan. Muiden kloorifenoliyhdisteiden pitoisuuksia ei tutkittu.⁸

Kompostointikäsitteilyn lisäksi lievästi saastuneesta alueesta päällystettiin 43000 m² asfaltilla. Asfaltointi suoritettiin vuosina 1986–87.⁸

3.2.2 Metsäteollisuus Oy Paimion saha, Paimio

Paimion sahalta poistettiin 1988 vuoden toukokuussa 376 m³ likaantunutta maa-ainesta, joka kuljetettiin kunnan kaatopaikalle peitemaaksi. Toimenpiteestä sovittiin maanomistajan ja Paimion kunnan kesken. Yrittäjä vastasi hankkeen kustannuksista itse.⁸

3.3 Tampereen vesi- ja ympäristöpiiri

3.3.1 Nokia Oy:n entinen Sattulan saha, Nokia

Sattulan sahan jätehuoltoilmoitus käsiteltiin Nokian kaupungin ympäristösuojelulautakunnassa kesällä 1991. Samana vuonna poistettiin entisen kastelualtaan kohdalta 34 m³ dioksiini- ja furaanipitoista savimaata, joka toimitettiin käsiteltäväksi Ekokem Oy:lle. Maa-aineksessa oli erittäin voimakas kloorifenolin haju. Saha-alueelta mitattujen dioksiinien ja furaanien pitoisuudet olivat suurimpia juuri kasteluallasta lähinnä olleessa mittauspisteessä. Tämän pisteen pitoisuus oli TCDD-ekvivalenttina ilmaistuna 23,6 µg/kg ka.^{9,10}

Samalla tontilla on ollut sahan lisäksi kyllästämö, jonka alueelta käsiteltiin n. 250 m³ puunsuoja-aineen kontaminoimaa maa-ainesta ja kyllästämörakennuksen purkujätettä betonoimalla.^{9,10}

3.3.2 Kulkkilan saha, Tampere

Kulkkilan sahan alueella olleesta kastelualtaasta toimitettiin 10 m³ 1%:sta KY-5 liuosta Hämeenlinnaan Sotkan sahan kompostin kostukkeeksi.^{9,11}

3.3.3 Oy Kyro Wood Ltd:n saha, Hämeenkyrö

Saastuneen maan kompostiaumat valmistuivat Oy Kyro Woodin sahalla marraskuussa 1993. Kloorifenolipitoisen maan poistaminen ja kompostointi suoritettiin VTT:n tutkimuslupatuksen ja Hämeen lääninhallituksen antaman ympäristölupapäätöksen mukaisesti. Poistettava alue rajattiin kaivu aikaisten mittausten avulla; mikäli kaivukuopan pohjalta otettu näyte ylitti toimenpidetason, kaivua jatkettiin.^{9,12}

Kompostoitavan maa-aineksen kokonaismäärä kasvoi huomattavasti arvioitua suuremmaksi, joten saastunut maamassa – kaikkiaan 2700 m³ – jaettiin kuuteen erilliseen aumaan. Kompostoitava maa, seosaineet ja mikrobit sekoitettiin kompostikentällä panoksittain Bioteam Oy:n laatiman hankesuunnitelman mukaisesti.^{9,12}

Taulukko 9. Oy Kyro Wood Ltd:n sahan kompostiaumojen kokonaiskloorifenolipitoisuuden sekä kloorianisoli-, -veratrolin ja -katekolipitoisuuksien seuranta vuosina 1993–94. Kts. myös liitteet 3/1 ja 5/1. (Analysointi: Helsingin yliopiston kemian ja mikrobiologian laitos).

| Ajan- kohta | Auman kloorifenolipitoisuus [mg/kg ka] | | | | | | Kloori- anisolit [mg/kg ka] | Kloori- katekolit [mg/kg ka] |
|----------------|---|-----|-----|----|-----|---------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| 11/93 | 1024 | 901 | 213 | 83 | 84 | 420 | 0,08 | 3,6 |
| 6/94 | 835 | 472 | 153 | 25 | 52 | ¹⁾ | 3,6 ²⁾ | – |
| 7/94 | 1132 | 668 | 90 | 51 | 368 | ¹⁾ | 3,4 ²⁾ | – |
| 9/94 | 364 | 212 | 52 | 21 | 115 | ¹⁾ | 3,0 ²⁾ | – |

¹⁾ Pienin kompostiauma (n:o 6) jaettiin kesäkuussa 1994 muihin aumoihin.

²⁾ Pitoisuus ilmoitettu kloorianisoliin ja -veratrolien summana.

3.4 Kymen vesi- ja ympäristöpiiri

3.4.1 Saharanta, Parikkala

Parikkalan saharannassa aloitettiin saastuneen maa-aineksen kompostointi kesäkuussa 1993. Asian käsittelyviranomaisena toimi korkein hallinto-oikeus. Kompostointi suoritetaan valtion jätehuoltotyönä ja hankkeen kustannukset jakautuvat tasan valtion ja kunnan kesken. Saastunutta maata kompostoitettiin kaikkiaan 1000 m³, mihin lisättiin 400 m³ valmiiksi kompostoitunutta ainesta Pikisaaren kompostista. Kompostoitujen maiden lisäksi kuljetettiin 1000 m³ lievästi saastunutta maa-ainesta kaatopaikalle täyttömaaksi.¹³

Taulukko 10. Kompostin kloorifenolipitoisuuden seuranta Parikkalan saharannassa vuosina 1993–1994. Kts. myös liite 4. (K. Kääriä, KYVY).

| Ajankohta | Kokonaispitoisuus [mg/kg ka] |
|-----------|------------------------------|
| 6/93 | 300 |
| 6/94 | 40 |

3.4.2 Tampella Oy:n Inkeröiden saha, Anjalankoski

Kymen lääninhallituksen erillispäätöksen mukainen kompostointi aloitettiin Tampella Oy:n Inkeröiden saha-alueella elokuussa 1988. Hankkeen konsulttina toimi Insinööri-toimisto Paavo Ristola. Tampella Oy vastasi itse hankkeen kustannuksista.¹³

Entiseen jätetäpaperivarastoon perustetussa kompostissa käsiteltiin 520 m³ kloorifenolipitoista, runsaasti purua sisältävää maata¹³. Saha-alueelta poistettiin lisäksi 5000 m³ lievästi saastunutta maata, joka läjitettiin kaatopaikalle. Kompostin kasaamisen yhteydessä lisättiin purupitoisen maan joukkoon kuoriketta ja kuorituhkaa. Lannoitteena käytettiin Oulun Salpietaria ja Typpirikas Y-lannoketta. (Salminen 1992)

Taulukko 11. Kompostin sisältämien kloorifenoliyhdisteiden ja metyloitumistuotteiden pitoisuusseuranta Inkeröiden sahalla vuosina 1988–1991. Kts. myös liite 2/2. (Analysointi: Insinööritoimisto Paavo Ristola).

| Ajankohta | Keskim. kokonaiskloori-fenolipitoisuus [mg/kg ka] | Kloorianisolipitoisuus [μ g/kg ka] |
|-----------|---|---|
| 8/88 | 1167 | |
| 10/89 | 519 | |
| 5/90 | 21 | |
| 5/91 | 1,6 | 30 |

3.4.3 Kaukas Oy:n Huhmarniemen saha, Lappeenranta

Kaukas Oy aloitti joulukuussa 1986 kloorifenolilla saastuneen maa-aineksen kompostoinnin. Kunnostusmääräystä ei hankkeelle annettu, vaan yhtiö ryhtyi työhön omatoimisesti nopeuttaakseen alueen kaavoitusprosessia. Se vastasi kokonaisuudessaan myös hankkeen kustannuksista.^{13,14}

Kloorifenolipitoista maa-ainesta käsiteltiin kompostoimalla 300 m³. Tehtaan kaato paikalle perustetun kompostin seosaineena käytettiin lievästi maatunutta kuorta ja lannoitteena ureaa sekä superfosfaattia. Prosessin käynnistymisen edistämiseksi seokseen lisättiin vielä bakteeriympästä. Kompostunutta ainesta hyödynnettiin myöhemmin ympäristössä syksyllä 1989 perustetussa, Pikisaaren sahan saastuneista maista kootussa kompostissa.^{13,14}

Taulukko 12. Kompostin kloorifenolipitoisuuden seuranta Kaukas Oy:n Huhmarniemen sahalla vuosina 1986–1988. Kts. myös liite 3/2. (Analysointi: VTT, DN-Bioprocessing ja Oy Alko Ab Biotekniikka).

| Ajankohta | Kokonaispitoisuus [mg/kg ka] |
|-----------|------------------------------|
| 12/86 | 609 |
| 5/87 | 480 |
| 10/87 | 8 |
| 10/88 | 3,9 |

3.4.4 Myllykoski Oy Kausalan saha, Iitti

Myllykoski Oy:n Kausalan sahalle tammikuussa 1992 perustettuihin kompostiaumoihin koottiin saastunutta maa-ainesta kolmelta saha-alueelta. Omalta alueelta tulleen 3500 maa-ainesta-m³:n lisäksi kompostiin tuotiin Jaalasta Keskitalon sahalla 820 m³ ja Koski hl:stä Tavastimber Ltd:n sahalla 340 m³ kloorifenolilla saastunutta maata. Kunnostusmääräyksen antoi Kymen lääninhallitus, ja hankkeen kustannuksista vastasi Myllykoski Oy, kuitenkin siten, että se laskutti edelleen Keskitalon ja Tavastimberin sahoja.¹³

Kompostimassa, jonka kokonaistilavuus oli 5850 m³, jaettiin viiteen ilmastoituun ja käännettävään aumaan. Seosaineena käytettiin kuoren, purun ja hakkeen yhdistelmää ja lannoitteena ureaa sekä raakafosfaattia. Ympäriä ei käytetty.^{13,15}

Taulukko 13. Kausalan sahan kompostin sisältämien kloorifenoliyhdisteiden ja metyloitumistuotteiden pitoisuusseuranta vuosina 1992–1994. Kts. myös liitteet 2/3 ja 5/2. (Analysointi: Insinööritoimisto Ristola Paavo Oy).

| Ajankohta | Keskim. kokonaiskloori- fenolipitoisuus [mg/kg ka] | Kloorianisolipitoisuus [µg/kg ka] |
|-----------|---|--------------------------------------|
| 1/92 | n. 30–40 | |
| 6/92 | 35,5 | 57 |
| 9/92 | 3,7 | 18 |
| 6/93 | 3,8 | |
| 6/94 | 1,4 | |

3.4.5 Keskitalon saha, Jaala

Keskitalon sahalta kuljetettiin 820 m³ saastunutta maa-ainesta kompostoitavaksi Myllykoski Oy:n Kausalan sahalla Itäisessä. Käsittelyviranomaisena toimi Kymen lääninhallitus ja kustannuksista vastasi toiminnanharjoittaja. Tarkempia tietoja käsittelyprosessista on esitetty kappaleessa 3.4.4.¹³

3.4.6 Kaukas Oy:n Pikisaaren saha, Lappeenranta

Pikisaaren saha-alueelta poistettiin syksyllä 1989 yhteensä 700 m³ saastunutta maa-ainesta, joka lisättiin em. Huhmarniemen sahan kompostiseokseen. Tämä valmiiksi kompostoitunut massa sisälsi uuden maa-aineksen tarvitseman bakteeriympin sekä jonkin verran ravinteita. Kaukas Oy vastasi kokonaisuudessaan myös Pikisaaren sahan kunnostuskustannuksista. Yhtiön intressinä oli – kuten Huhmarniemen vanhan saha-alueenkin kohdalla – alueen kaavoitus asuntorakentamista varten. Kunnostusluvan antoi Kaukas Oy:n aloitteesta Kymen lääninhallitus.^{13,14}

Taulukko 14. Pikisaaren sahan kloorifenolikompostin seurantatulokset vuosilta 1989–1993. Kts. myös liite 4. (Analysointi: DN-Bioprocessing/Oy Alko Ab Biotekniikka).

| Ajankohta | Kokonaispitoisuus [mg/kg ka] |
|-----------|------------------------------|
| 10/89 | 15,4 |
| 5/90 | 3,8 |
| 11/90 | 0 |
| 6/93 | 3,5 |

3.5 Mikkelin vesi- ja ympäristöpiiri

3.5.1 Helsingin kaupungin puutavarakeskus, Heinolan mlk

Mikkelin lääninhallitus oli käsittelyviranomaisena Helsingin kaupungin puutavarakeskuksen saha-alueen kunnostusta koskevassa lupaprosessissa ja kiinteistön omistaja vastasi hankkeen kustannuksista itse.¹⁶

Kompostointi aloitettiin syyskuussa 1987. Katettuun puutavarasuojaan perustettiin komposti, joka sisälsi 60 m³ saastunutta maa-ainesta sekä puunkuorta, ureaa ja raaka-fosfaattia. Saha-alueella sijainneesta kastelualtaasta toimitettiin noin 6 tn sakkaa käsiteltäväksi Ekokem Oy:lle. Altaassa ollut käyttökelpoinen liuos toimitettiin hyötykäyttöön.¹⁶

Täulukko 15. Auman kloorifenolipitoisuuden seurantatulokset Helsingin kaupungin puutavarakeskuksen kompostoinnissa 1987–1988. Kts. myös liite 2/4. (Analysointi: VTT/Insinööritoimisto Paavo Ristola).

| Ajankohta | Kokonaispitoisuus [mg/kg ka] |
|-----------|------------------------------|
| 11/87 | 63 |
| 10/88 | 0,96 |
| 11/88 | 2,39–5,32 ¹⁾ |

¹⁾ Rinnakkaisanalyysit

3.5.2 Enso-Gutzeit Oy:n Heinolan tehtaiden saha, Sahaniemen alue, Heinola

Enso-Gutzeit Oy:n (nyk. Aihiotuote Oy) Heinolan tehtaiden sahalta siirrettiin vuonna 1981 noin 30 m³ kloorifenolilla saastunutta maa-ainesta Heinolan kaatopaikalle käsiteltäväksi kompostityyppisesti varastoimalla. Keväällä 1984 tehdyt analyysit osoittivat kuitenkin, ettei kyseinen käsittely ollut vähentänyt kloorifenolipitoisuutta lainkaan.^{17,18}

Kesäkuussa 1984 aloitettiin Enso-Gutzeitin ja Helsingin yliopiston Yleisen mikrobiologian laitoksen yhteistyönä jatkokompostointihanke, joka oli ensimmäinen kenttäkoe kloorifenolien hajottamisesta kompostoimalla. Suostumuksen kokeiluun antoivat Heinolan seudun kansanterveystyön kuntainliitto ja Mikkelin lääninhallitus. Hankkeen kustannuksista vastasivat Enso-Gutzeit ja Helsingin yliopiston Yleisen mikrobiologian laitos.^{17,18}

Saastuneesta maamassasta, jonka kloorifenolipitoisuus oli 300–400 mg/kg ka, rakennettiin kolme erillistä kompostia. Maan joukkoon sekoitettiin kuorta ja selluloosan jättekuitua sekä typpi- ja fosforilannoitteita. Toiseen pienistä aumoista lisättiin 0,5 m³ laboratoriossa kasvatettua bakteeriympästä.^{17,18}

Taulukko 16. Aumojen sisältämät kloorifenoliyhdisteet Enso-Gutzeit Oy:n Heinolan tehtaiden sahan kompostoinnissa vuosina 1984–87. Kts. myös liite 2/3. (Analysointi: Helsingin Yliopiston Yleinen mikrobiologian laitos).

| Ajankohta | Keskim. kokonaiskloorifenolipitoisuus [mg/kg ka] | | |
|-----------|--|---------|---------|
| | Auma A | Koeauma | Verauma |
| 6/84 | 212 | 273 | 151 |
| 8/84 | – | 40 | 31 |
| 9/84 | – | 43 | 13 |
| 10/84 | 38 | – | – |
| 10/85 | 16 | 17 | 16 |
| 10/87 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |

Auma A: 50 m³

Koeauma: 1,5 m³

Verauma: 1,5 m³ + lisätyt bakteerit

3.5.3 Innomer Oy:n entinen Sotkan saha, Mikkelin mlk

Innomer Oy:n Otavan sahan saastuneiden maamassojen kompostointi aloitettiin Mikkelin lääninhallituksen päätöksen mukaisesti syksyllä 1988. DN-Bioprocessing Oy:n vuosina 1987 ja 1988 tekemien tutkimusten perusteella oli sahan voimakkaimmin saastuneiden alueiden maaperän kloorifenolipitoisuus 55–800 mg/kg ka. Kompostoitavaa maata oli kaikkiaan n. 1200 m³, minkä lisäksi kompostiin sekoitettiin puunkuorta, ureaa, raakafosfaattia ja vettä. Hankkeen kustannuksista vastasi Innomer Oy.^{16,19}

Taulukko 17. Innomer Oy:n kompostin sisältämien kloorifenoliyhdisteiden seuranta vuosina 1989–90. Kts. myös liite 2/4. (Analysointi: VTT).

| Ajankohta | Keskim. kokonaiskloori- fenolipitoisuus [mg/kg ka] | | Kloorianisolipitoisuus [mg/kg ka] |
|-----------|---|--------|--------------------------------------|
| | Auma A | Auma B | |
| 11/89 | 10 | 60 | 1 |
| 8/90 | 2,4 | 2,7 | – |

3.6 Kuopion vesi- ja ympäristöpiiri

3.6.1 Sikoniemi, Kuopio

Sikoniemen saha-alueen kunnostus aloitettiin lokakuussa 1994. Lupahakemuksen käsittelyviranomaisena toimi Kuopion lääninhallitus. Työ suoritetaan valtion jätehuoltotyönä ja hankkeen arvioidut kokonaiskustannukset ovat noin 400 000 mk. Maainesta kompostoituihin noin 700 m³, minkä lisäksi kuljetettiin 9500 m³ lievästi saastunutta maata Heinälammin rinteen kaatopaikalle välitäyttöön ja erillisläjitykseen.²⁰

Taulukko 18. Sikoniemen kloorifenolikompostin lähtöpitoisuudet lokakuussa 1994 (Analysointi: Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskus).

| Ajan- kohta | Auman kloorifenolipitoisuus [mg/kg ka] | | | Kloorianisoli- pitoisuus [μg/kg ka] | Klooriveratro- lipitoisuus [μg/kg ka] |
|----------------|---|------|-------|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | | |
| 10/94 | 28,2 | 59,9 | 109,1 | 197,7 | 13,4 |

3.6.2 Peuran saha, Suonenjoki

Peuran sahalla kuljetettiin syksyllä 1990 lääninhallituksen luvalla 300 m³ lievästi saastunutta maa-ainesta kaatopaikalle. Maamassan suurimmaksi kloorifenolipitoisuudeksi mitattiin 11 mg/kg ka. Hankkeen kustannuksista vastasi Rakennusliike Väinö Korhonen.²⁰

3.6.3 Metsä-Serla Oy:n Ylä-Savon saha, Luuniemi, Iisalmi

Luuniemen saha-alueen kunnostuksen ensimmäinen vaihe käynnistyi elokuussa 1991, kun sen saastuneesta maaperästä rakennettiin kuusi kompostiaumaa. Aumoihin kerätyn maamassan kokonaismäärä oli 450 m³ ja siihen sekoitettiin runsaasti kuorta sekä ravinteita. Ympäristöä ei käytetty. Kompostiaumojen keskimääräiset lähtöpitoisuudet eivät ole tiedossa, mutta korkeimmillaan poistetun massan pitoisuus oli n. 3000 mg/kg ka. Kompostoinnin lisäksi alueelta läjitettiin maata kaatopaikalle. Läjitysmäärä ei ole viranomaisien tiedossa.²⁰

Taulukko 19. Kompostin kokonaiskloorifenolipitoisuuden sekä keskimääräisen kloorianisolipitoisuuden seuranta Metsä-Serla Oy:n Ylä-Savon sahalla vuosina 1992–94. Kts. myös liitteet 2/5 ja 5/2. (Analysointi: Kuopion aluetyöterveyslaitos).

| Ajan- kohta | Auman kloorifenolipitoisuus [mg/kg ka] | | | | | | Kloorianisoli- pitoisuus [mg/kg ka] |
|----------------|---|-------|-----|-------|-----|------|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| 1992 | 1,7 | 74,2 | 5,2 | 197,0 | 4,8 | 8,5 | 26,1 |
| 1993 | 2,5 | 67,6 | 3,6 | 55,8 | 4,8 | 15,0 | <0,1 |
| 1994 | – | 142,3 | – | 77,1 | – | 29,6 | – |

3.6.4 Luuniemen alue, Iisalmi

Luuniemen alue siirtyi ensimmäisen kunnostusvaiheen jälkeen Metsä-Serla Oy:ltä Iisalmen kaupungin omistukseen. Kaupunki haki alueelle kaavaa asuntorakentamista varten, jolloin se velvoitettiin laajentamaan Metsä-Serlan aloittamia kunnostustöitä.²⁰

Kunnostustyöt aloitettiin voimakkaasti saastuneiden maamassojen kompostoinnilla syksyllä 1993. Kompostit, joiden sisältämän maa-aineksen yhteistilavuus oli 1200 m³, rakennettiin Peltomäen kaatopaikalle. Kompostoitavan maamassan kloorifenolipitoisuus oli enimmillään jopa 3000 mg/kg ka, joten se sekoitettiin runsaaseen määrään

puun kuorta (1:2). Tämän jälkeen seokseen lisättiin mikrobitoiminnan edistämiseksi typpi- ja fosforilannoitteita. Alueelta poistettu lievästi saastunut maa, 1100 m³, läjitettiin kaatopaikalle.²⁰

Taulukko 20. Kompostin kokonaiskloorifenolipitoisuuden sekä keskimääräisen kloorianisolipitoisuuden lähtöarvot Luuniemen kompostiaumoissa vuonna 1994. (Analysointi: Kuopion aluetyöterveyslaitos).

| Ajan- kohta | Auman kloorifenolipitoisuus [mg/kg ka] | | | | | | | | Kloorianisoli- pitoisuus [μg/kg ka] |
|----------------|---|----|----|-----|-----|-----|----|----|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | |
| 7/94 | 96 | 80 | 73 | 346 | 124 | 126 | 89 | 47 | 139 |

3.6.5 Iisalmen Sahat Oy, Peltosalmi, Iisalmi

Saastuneen maan kompostointi aloitettiin lääninhallituksen luvalla elokuussa 1991. Kompostoitavaa maa-ainesta oli 200 m³, ja siihen sekoitettiin puunkuorta sekä tarvittava määrä lannoitteita bakteerien elinolosuhteiden turvaamiseksi. Bakteeriympästä ei kompostissa käytetty.²⁰

Saha-alueen kunnostustyöhön kuului kompostoinnin ohella lievästi saastuneen maamassan, 1200 m³, läjitys kaatopaikalle. Hankkeen kustannuksista vastasi Iisalmen Sahat Oy.²⁰

Taulukko 21. Aumojen pitoisuusseuranta Iisalmen Sahat Oy:n kompostointihankkeessa vuosina 1991–1994. Kts. myös liitteet 2/5 ja 5/3. (Analysointi: Kuopion aluetyöterveyslaitos).

| Ajan- kohta | Auman kloorifenolipitoisuus [mg/kg ka] | | | Kloorianisoli- pitoisuus [mg/kg ka] | Klooriveratro- lipitoisuus [mg/kg ka] |
|----------------|---|-------------------|------|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | | |
| 1991 | | 750 ¹⁾ | | – | – |
| 6/92 | 8,6 | 61,8 | 7,2 | 111 | – |
| 6/93 | 7,0 | 12,5 | 11,5 | <0,05 | <0,05 |
| 6/94 | 16,9 | 21,0 | 13,8 | 0,13 | – |

¹⁾ Poistetun maamassan maksimipitoisuus.

3.7 Pohjois-Karjalan vesi- ja ympäristöpiiri

Pohjois-Karjalan vesi- ja ympäristöpiirin alueella ei ole suoritettu saha-alueiden kunnostustöitä.²¹

3.8 Vaasan vesi- ja ympäristöpiiri

3.8.1 Botnia Wood Oy Bölen saha, Närpiö

Bölen sahalle sijoitetuissa kloorifenolikomposteissa käsiteltiin yhteensä 900 m³ maa-ainesta, josta 346 m³ oli kuljetettu paikalle Teuvasta Säntin sahalta ja loput n. 550 m³ olivat Bölen saha-alueelta poistettuja massoja. Botnia Wood huolehti molempien sahojen kunnostuskustannuksista itse ja oli ryhtynyt työhön vapaaehtoisesti. Kompostointi aloitettiin lokakuussa 1990 ja se on edelleen käynnissä.²²

Taulukko 23. Botnia Wood Oy:n Bölen sahan kompostiaumojen kokonaiskloorifenolipitoisuuden seuranta vuosina 1991–93. Kts. myös liite 3/3. (Analysointi: Bioteam Oy).

| Ajankohta | Kokonaiskloorifenolipitoisuus [mg/kg ka] | | | |
|-----------|--|---------------|---------------|----------------------|
| | Auma 3 | Auma 4 | Auma 5 | Auma 6 ²⁾ |
| 9/91 | 1780 | 1792 | 1607 | 375 |
| 10/92 | 692 | 809 | 481 | 240 |
| 8/93 | 557 | ¹⁾ | ¹⁾ | 180 |

¹⁾ Aumat 4 ja 5 yhdistettiin syksyllä –92 Säntin sahan massoista koottuun auma 2:een (kappale 3.8.1). Yhdistetyn auman pitoisuudeksi mitattiin syksyllä –93 keskimäärin 650 mg/kg ka. (Saari 1994)

²⁾ Auman 6 pitoisuus on huomattavasti muita alempi, koska se koostuu Bölen sahan jatkokompostoidusta maa-aineksesta. (Saari 1994)

3.8.2 Botnia Wood Oy entinen Säntin saha, Teuva

Säntin sahan saastunut maamassa kuljetettiin lokakuussa 1990 kompostoitavaksi Närpiöön Bölen sahalle. Kompostoidun maa-aineksen kokonaismäärä oli 346 m³, mihin lisättiin seosaineena käytetty kuoriaines sekä ravinteet ja bakteeriympäristö. Botnia Wood teki työn omaehtoisesti ja vastasi hankkeen kustannuksista.²²

Taulukko 22. Säntin sahan saastuneista maamassoista rakennettujen kompostiaumojen sisältämien kloorifenoliyhdisteiden seuranta vuosina 1990–93. Kts. myös liite 3/2. (Analysointi: Bioteam Oy)

| Ajankohta | Keskim. kokonaiskloorifenolipitoisuus [mg/kg ka] | |
|-----------|--|--------|
| | Auma 1 | Auma 2 |
| 10/90 | 787 | 911 |
| 9/91 | 111 | 201 |
| 10/92 | 16 | 12 |
| 8/93 | 10 | – |

3.9 Keski-Suomen vesi- ja ympäristöpiiri

3.9.1 Rantakylän saha Ky, Karstula

Rantakylän sahan alueelta kuljetettiin kesäkuussa 1994 n. 30 m³ lievästi kloorifenolilla saastunutta maata kaatopaikalle. Kunnostusmääräyksen antoi Karstulan ympäristölautakunta ja kustannuksista vastasi maanomistaja.²³

3.9.2 Olkkolan saha, Jämsä

Olkkolan sahan kloorifenolikomposti perustettiin lokakuussa 1992. Käsittelyviranomaisena toimi Keski-Suomen lääninhallitus ja hankkeen kustannuksista vastasi Yhtyneet sahat Oy. Saastunutta maata oli noin 1000 m³, mihin lisättiin seosaineksi runsaasti kuorta sekä tuhkaa ja lannoitteita. Olkkolan sahan kompostiin tuotiin omien maiden lisäksi n. 30 m³ saastunutta maa-ainesta Mahlun sahalla Saarijärveltä.^{23,24}

Taulukko 24. Olkkolan sahan kompostin sisältämien kloorifenoliyhdisteiden ja metyloitumistuotteiden pitoisuudet vuosina 1992 ja 1993. Kts. myös liitteet 2/6 ja 5/3. (Analysointi: PSV Oy).

| Ajankohta | Kokonaiskloori-fenolipitoisuus [mg/kg ka] | Klooriveratrolipitoisuus [µg/kg] | Kloorianisolipitoisuus [µg/kg] |
|-----------|---|----------------------------------|--------------------------------|
| 10/92 | 138 | 257 | 225 |
| 6/93 | 81 | 22 | 129 |
| 9/93 | 36 | 11 | 35 |

3.9.3 Metsä-Serla Oy:n Riihivuoren saha, Suolahti

Riihivuoren sahan kunnostuslupan käsittelyviranomaisena toimi Keski-Suomen lääninhallitus. Kompostointi aloitettiin Metsä-Serlan Oy:n kustannuksella elokuussa 1992. Käsiteltävää maa-ainesta oli yhteensä 370 m³ ja siihen lisättiin n. 1000 m³ kuorta sekä ravinteita ja puhdistamolietettä.^{23,25}

Taulukko 25. Kompostin kloorifenolipitoisuuden seuranta Metsä-Serla Oy:n Riihivuoren sahalla vuosina 1992–1994. Kts. myös liite 2/6. (Analysointi: Kuopion aluetyöterveyslaitos).

| Ajankohta | Kokonaispitoisuus [mg/kg ka] |
|-----------|------------------------------|
| 11/92 | 98,4 |
| 6/93 | 114,7 |
| 8/94 | 152,7 ¹⁾ |

¹⁾ Kalkitus ja ympärys vanhalla kompostimassalla kesällä -94.

3.9.4 Metsä Koski Oy Vaajakosken saha (Sammallahden saha), Jyväskylän mlk

Sammallahden sahan kunnostukseen kuuluva saastuneen maamassan kompostointi aloitettiin lokakuussa 1994 Keski-Suomen lääninhallituksen hyväksyttyä alueen entisen omistajan SOK:n lupahakemuksen. Kompostoimalla käsiteltävää maata oli 33 m³ ja sen kokonaiskloorifenolipitoisuus oli maaperästä otettujen näytteiden perusteella 25–540 mg/kg ka. Hankkeen kunnostustyöhön kuului kompostoinnin lisäksi lievästi saastuneen maa-aineksen (325 m³) kuljetus kaatopaikalle. Kustannukset jaettiin siten, että Metsä-Serla Oy maksoi alueen kunnostussuunnitelman laatimisen ja SOK vastasi sen toteuttamisesta. Kompostiauman lähtöpitoisuudet on esitetty taulukossa 26.^{24,26,27}

Taulukko 26. Sammallahden sahan keskimääräiset kokonaiskloorifenoli- ja kloorianisolipitoisuudet kompostoinnin alkaessa (Analysointi: Kuopion aluetyöterveyslaitos).

| Ajankohta | Kloorifenolipitoisuus [mg/kg ka] | Kloorianisolipitoisuus [μg/kg ka] |
|-----------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 10/94 | 51 | 8 |

3.9.5 Pohjan saha Oy (Toras Oy), Jyväskylän mlk

Toras Oy:n Pohjan sahan toiminta lopetettiin vuonna 1981. Alueella vuonna 1984 suoritettujen purkutöiden yhteydessä löydettiin noin 300 m³ kloorifenolien saastuttamaa turvepitoista maa-ainesta. Saastunut maa kompostoitiin lääninhallituksen luvan mukaisesti kesällä 1985 kahteen pieneen ja yhteen isoon aumaan²⁴. Pieniin aumoihin lisättiin valmista bakteeriympästä. (Salminen 1992)

Pitoisuuksien todettiin syksyllä 1988 olevan liian happamien olosuhteiden ja heikon ilmastumisen takia edelleen korkeita. Tämän vuoksi kompostiaumat yhdistettiin, pH säädettiin sopivaan arvoon ja seokseen lisättiin ravinteita. Kompostimassa jaettiin kahteen erilliseen aumaan ja toiseen niistä lisättiin kasvatettua bakteeria. (Salminen 1992)

Taulukko 27. Kompostin kokonaiskloorifenolipitoisuuden seuranta Toras Oy:n Pohjan sahalla vuosina 1991–93. Kts. liitteet 3/3 ja 3/4. (Analysointi: DN-Bioprocessing Oy/Oy Alko Ab Biotekniikka; viimeinen näyte Insinööritoimisto Paavo Ristola Oy).

| Ajankohta | Kokonaiskloorifenolipitoisuus [mg/kg ka] | | |
|--------------------------|--|--------|-------------------|
| | Iso auma | B-auma | C-auma |
| 8/85 | 9000 | 8000 | 5500 |
| 7/86 | 2200 | 1380 | 1060 |
| 9/87 | 1490 | 700 | 70 |
| 10/88 | 959 | 314 | 85 |
| <u>Hoitotoimenpiteet</u> | <u>Ympätty</u> | | <u>Ympäämätön</u> |
| 6/89 | 770 | | 730 |
| 8/90 | 42 | | 611 |
| 9/91 | 1,3 | | 1,9 |

3.9.6 Rautaura Oy:n entinen Laitisen saha, Laukaa

Laitisen sahan voimakkaasti saastunut puru ja maa-aines, 50 m³, kompostoituiin syyskuussa 1988. Käsittelyluvan myönsi Keski-Suomen lääninhallitus²⁴. Kompostoitumisen edistämiseksi seokseen lisättiin valmista bakteeriymppeä. Jatkotutkimuksen perusteella alueelta poistettiin vielä lokakuussa 1989 noin 20 m³ maata (kloorifenolipitoisuus yli 100 mg/kg ka). Kyseinen maamassa sekoitettiin aikaisemman kompostin joukkoon, jolloin seoksen keskimääräinen kloorifenolipitoisuus laski huomattavasti. Lievästi saastunut maa-aines, jota oli kaikkiaan 350 m³, kuljetettiin kunnan kaatopaikalle läjitettäväksi. (Salminen 1992)

Taulukko 28. Laitisen sahan kompostin kloorifenolipitoisuuden seuranta 1988–1991. Kts. myös liite 3/4. (Analysointi: DN-Bioprocessing/Oy Alko Ab, Biotekniikka).

| Ajankohta | Kokonaispitoisuus [mg/kg ka] |
|---------------------|------------------------------|
| 9/88 | 8520 |
| 10/89 | 4955 |
| 10/89 ¹⁾ | 2615 |
| 8/90 | 84 |
| 5/91 | 18 |

¹⁾ Näyte otettu lisämaan, 20 m³, kompostoinnin jälkeen.

3.9.7 Mahlun saha (Saarijärven Puu), Saarijärvi

Mahlun sahalta kuljetettiin 30 m³ kloorifenolipitoista maata käsiteltäväksi Jämsässä Olkkolan sahan kompostissa. Kunnostuslupa myönnettiin Olkkolan sahan lupaprosessin yhteydessä. Maan kuljetus- ja käsittelykustannuksista vastasi Saarijärven kaupunki. Kloorifenolien ja metyloitumistuotteiden pitoisuusseurantatiedot on esitetty kappaleessa 3.9.2.²⁴

3.9.8 Rauma–Repolan vanha kaatopaikka, Suolahti

Rauma–Repolan kaatopaikalta tehdyissä tutkimuksissa löydettiin dioksiini- ja furaaniyhdisteitä, jotka lienevät peräisin KY-5:n polttamisesta. Alue kunnostettiin Keski-Suomen lääninhallituksen päätöksen mukaisesti valtion jätehuoltotyönä vuonna 1994. Haitta-aineiden leviäminen on pyritty torjumaan peittämällä saastunut maa-aines (20000 m³) puhtaalla maakerroksella. Hankkeen kokonaiskustannukset jaettiin valtion, Suolahden kaupungin, toiminnanharjoittajan sekä maanomistajan kesken.²⁴

Alueen dioksiini- ja furaanipitoisuudet kävivät ilmi Suolahden kaupungin teettämässä kloorifenolitutkimuksessa lokakuussa 1992. Kaatopaikalla tehdyssä tutkimuksessa todettiin jätemassojen sisältävän ainakin paikoitellen 110 µg/kg (TCDD-ekvivalenttina) dioksiini- ja furaaniyhdisteitä. Keski-Suomen vesi- ja ympäristöpiiri otti alueelta neljä kokoomanäytettä syksyllä 1993. Jyväskylän yliopiston analysoimien näytteiden tulokset osoittivat, että lähes kaikkialla kaatopaikan alueella esiintyi kyseisiä yhdisteitä.²⁴

Taulukko 29. Keski-Suomen vesi- ja ympäristöpiirin Rauma–Repolan vanhalta kaatopaikalta vuonna 1993 ottamien kokoomanäytteiden dioksiini- ja furaanipitoisuudet TCDD-ekvivalentteina (Analysointi: Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskus).

| Kokoomanäyte | Pitoisuus [$\mu\text{g/kg ka}$] |
|--------------|-----------------------------------|
| 1 | 15 |
| 2 | 65 |
| 3 | 1,8 |
| 4 | 0,3 |

3.9.9 Nurmisen saha, Korpilahti

Saastuneen maan kompostointi aloitettiin Keski-Suomen lääninhallituksen myönnettyä kunnostukselle luvan kesäkuussa 1988. Kloorifenolipitoiseen maa-ainekseen, jota oli 360 m^3 , lisättiin hajotustoiminnan edistämiseksi puun kuorta, Y-lannosta sekä raken-nushienokalkkia.²³

Kompostin lähtöpitoisuudesta eikä pitoisuuden seurannasta ole saatavilla tietoja. Lääninhallituksen myöntämän kompostin purkuluvan mukaan 90% kloorifenoleista on hajonnut kompostoinnissa.²³

3.10 Kokkolan vesi- ja ympäristöpiiri

3.10.1 Kaustisen saha-alue, Kaustinen

Vaasan lääninhallitus myönsi Kaustisen kunnalle tammikuussa 1991 luvan Kaustisen Puun entisen saha-alueen kunnostamiseen. Hankkeeseen kuuluva voimakkaasti saastuneen maa-aineksen kompostointi aloitettiin toukokuussa 1991 Kaustisen kaatopaikalla. Kompostoitavan maamassaa oli n. 80 m^3 , minkä lisäksi n. 500 m^3 lievästi saastunutta maata kuljetettiin kaatopaikalle täyttömaaksi. Kaustisen kunta ja valtio jakoivat hankkeen kustannukset keskenään tasan.^{28,29}

Taulukko 30. Kaustisen saha-alueelta poistetuista saastuneista maamassoista rakennetun kompostin kloorifenolipitoisuuden seuranta 1991–1994. Kts. myös liite 3/5. (Analysointi: Bioteam Oy/Ecolution Oy).

| Ajankohta | Kokonaispitoisuus [mg/kg ka] |
|-----------|---|
| 5/91 | 533 |
| 10/92 | 176 |
| 8/93 | 136 |
| 9/94 | 109 |

3.11 Oulun vesi- ja ympäristöpiiri

3.11.1 Santaholman saha, Haukipudas

Santaholman sahan kunnostus tapahtui vuosina 1989–92 valtion jätehuoltotyönä. Lupaviranomaisena toimi Oulun lääninhallitus ja kustannuksista vastasivat Haukiputaan kunta ja valtio.³⁰

Komposti, jonka kokonaistilavuus oli 216 m³, perustettiin syyskuussa 1989. Alueelta poistettiin lisäksi yhteensä 13150 m³ lievästi saastunutta maata, josta 4000 m³ kuljetettiin kaatopaikalle täyttömaaksi ja 9150 m³ läjitettiin saha-alueen läheisyyteen. Kompostin valmistamisesta vastasi Oy Alko Ab Biotekniikka, joka toimitti seokseen myös ympin ja seosaineet.³⁰

Taulukko 31. Santaholman sahan kompostin kloorifenolipitoisuuden seuranta 1989–1992. Kts. myös liite 3/5. (Analysointi: Oy Alko Ab Biotekniikka).

| Ajankohta | Kokonaispitoisuus [mg/kg ka] |
|-----------|------------------------------|
| 1989 | 304 |
| 1990 | 124 |
| 1991 | 90 |
| 1992 | 2 |

Kompostin pitoisuusseuranta lopetettiin vuonna 1993.

3.11.2 Jounilan saha, Oulainen

Jounilan sahan saastuneen maamassan kompostointi aloitettiin Oulaisten kaatopaikalla vuonna 1989. Lupahakemuksen käsittelyviranomaisena toimi Oulun lääninhallitus ja kustannuksista vastasi Oulaisten kunta. Kompostoitavan maa-aineksen määrä oli 50 m³ ja Bioteam Oy lisäsi siihen seosaineen ja bakteeriympin.^{30,31}

Taulukko 32. Jounilan sahan saastuneiden maamassojen käsittelemiseksi rakennetun kompostin kloorifenolipitoisuuden seuranta 1989–1993. Kts. myös liite 3/6. (Analysointi: Bioteam Oy).

| Ajankohta | Kokonaispitoisuus [mg/kg ka] |
|-----------|------------------------------|
| 1989 | 358 |
| 1990 | 159 |
| 1991 | 113 |
| 1992 | 97 |
| 1993 | 13 |

Kompostointi lopetettiin vuonna 1994.

3.11.3 Nikulan puu, Pudasjärvi

Nikulan puun saha-alueelta läjitettiin vuoden 1991 lokakuussa 170 m³ lievästi saastunutta (kloorifenolipitoisuus <10 mg/kg ka) maa-ainesta Pudasjärven kunnan kaatopaikalle. Lupaviranomaisena toimi Oulun lääninhallitus. Kustannuksista vastasivat kunta ja nykyinen toiminnanharjoittaja.³⁰

3.11.4 Sahaustoiminta Oy, Vihanti

Vihannin ympäristönsuojelulautakunta antoi 04.03.1991 päätöksen Sahaustoiminta Oy:n saneerauksesta. Vain vuoden ajan toiminnassa olleen, myöhemmin lakkautetun, sahan kunnostus toteutettiin kesällä 1991. Ympäristölautakunnan päätöksessä edellytettiin maa-aineksen poistamista kastelualtaan ja kuljetuslinjojen kohdilta. Lievästi saastunutta maa-ainesta, jonka suurin kloorifenolipitoisuus oli 89 mg/kg ka, poistettiin kaikkiaan noin 50 m³ ja se kuljetettiin kaatopaikalle läjitettäväksi. Vihannin kunta vastasi kokonaisuudessaan hankkeen kustannuksista.^{31,32}

3.12 Kainuun vesi- ja ympäristöpiiri

Kainuun vesi- ja ympäristöpiirin alueella ei ole suoritettu saastuneiden saha-alueiden kunnostustöitä³³.

3.13 Lapin vesi- ja ympäristöpiiri

3.13.1 Kursun puu Oy:n saha, Salla

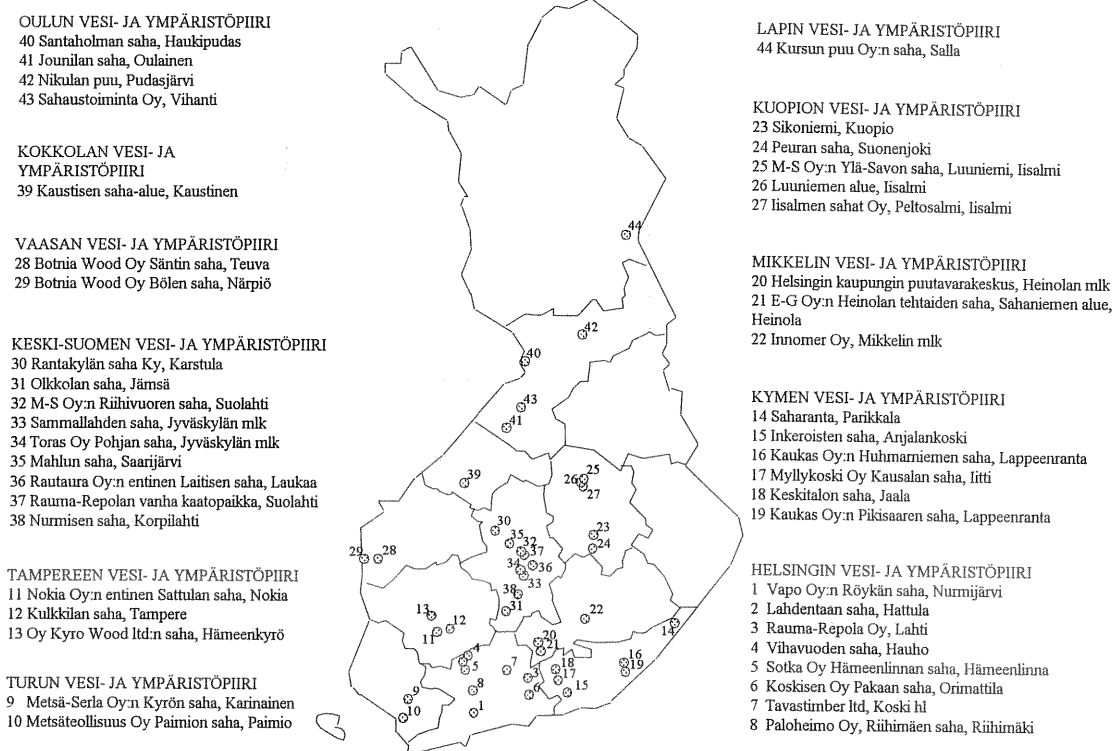
Kursun puun sahalla aloitettiin lokakuussa 1992 Lapin lääninhallituksen jätehuoltosuunnitelman mukainen saastuneen maa-aineksen kompostointi. Käsiteltävää maata oli kaikkiaan 300 m³. Saastuneen maamassan lisäksi kompostiin sekoitettiin puunkuorta, lannoitteita ja bakteeriymppeä.³⁴

Taulukko 33. Kompostin sisältämien kloorifenoliyhdisteiden ja metyloitumistuotteiden pitoisuusseuranta Kursun puun sahalla vuosina 1992–1994. Kts. myös liite 3/6. (Analysointi: Bioteam Oy).

| Ajankohta | Kokonaiskloori- fenolipitoisuus [mg/kg ka] | Klooriveratroli- pitoisuus [mg/kg] | Kloorianisoli- pitoisuus [mg/kg] |
|-----------|--|--|--|
| 1992 | 15413 | – | – |
| 1993 | 15940 | – | – |
| 1994 | 10271 | 11,8 | 3,0 |

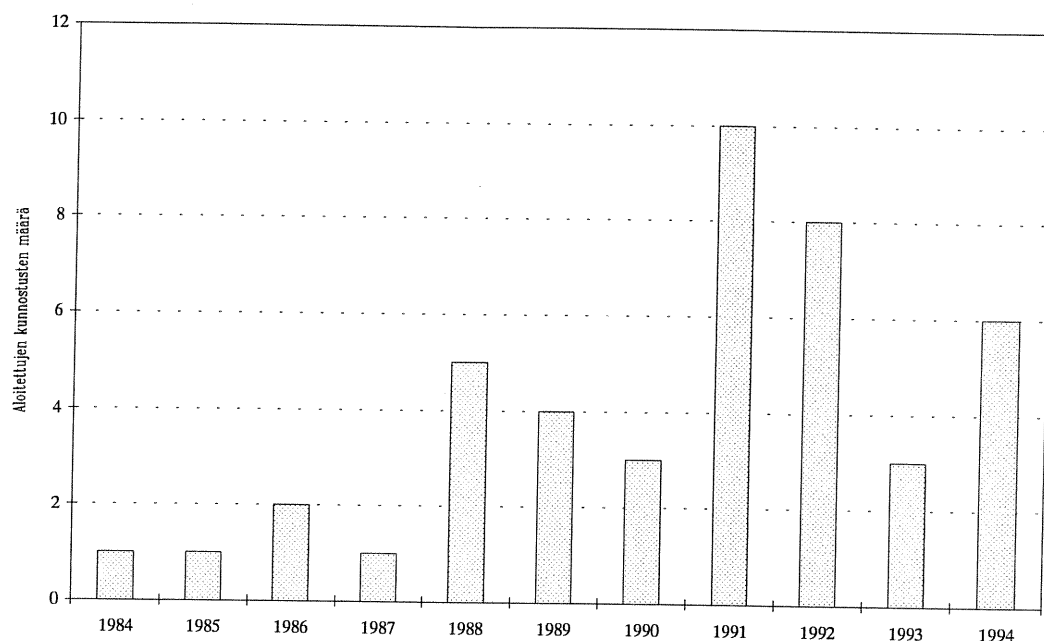
3.14 Yhteenveto

Kloorifenolien saastuttamien saha-alueiden kunnostuksia on toteutettu Pohjois-Karjala- ja Kainuuta lukuun ottamatta kaikkien vesi- ja ympäristöpiirien alueella. Tähän mennessä on käsitelty eri menetelmin **yhteensä 44** sahakiinteistön saastunut pohjamaa (kuva 1). Kunnostettujen kohteiden painopistealue on tähän saakka ollut Etelä- ja Keski-Suomessa. Tämä johtuu pitkälti runsaasta toiminnanharjoittajien määrästä, mutta myös tonttimaan kasvavalla tarpeella on oma merkityksensä tiheimmin asutuilla alueilla tehtyihin kunnostuksiin. Kunnostushankkeiden aloitusmäärät ovat olleet suurimmillaan 90-luvun alkuvuosina ja tulevaisuudessa määrä lisääntynee entisestään (kuva 2). Kunnostustoimenpiteiden jakautuminen menetelmien kesken sekä käsitelty maa-ainesmäärät on esitetty vesi- ja ympäristöpiireittäin taulukossa 34.



Kuva 1. Kunnostettujen saha-alueiden sijoittuminen vesi- ja ympäristöpiirien alueelle.

Kompostoinnista on tehokkaan tutkimus- ja kehitystyön myötä tullut selvästi yleisin kloorifenolipitoisen maa-aineksen käsittelymenetelmä. Mikäli maamassan käsittelytarve on perustunut pelkästään kohoneeseen kloorifenolipitoisuuteen ja keskipitoisuus on ylittänyt 10 mg/kg ka, on käsittelytavaksi poikkeuksetta valittu kompostointi. Hyvin lievästi saastuneet maat, joiden kloorifenolipitoisuus on alle 10 mg/kg ka, on läjitetty joko kaatopaikalle tai kaivualueen läheisyyteen. Läjitystä ei kuitenkaan voida pitää varsinaisena käsittelymuotona, koska sen tarkoituksena on pelkästään koota saastunut maa helpommin hallittavalle alueelle ja vähentää haitta-aineiden leviämistä ympäristöön.



Kuva 2. Saastuneiden saha-alueiden kunnostushankkeet aloitusvuosittain.

Taulukko 34. Kloorifenolin saastuttamilla saha-alueilla tehtyjen kunnostustoimenpiteiden määrä ja suoritteet menetelmittäin.

| Piiri | Kompostointi | | Läjitys | | Muu | |
|-----------------|--------------|----------------|-----------|----------------|----------|---------------------|
| | Kohteita | m ³ | Kohteita | m ³ | Kohteita | m ³ |
| HEVY | 8 | 10110 | 1 | 2000 | – | – |
| TUVY | 1 | 500 | 1 | 376 | 1 | 1) |
| TAVY | 1 | 2700 | – | – | 1 | 34 ²⁾ |
| KYVY | 6 | 6840 | 2 | 6000 | – | – |
| MIVY | 3 | 1290 | – | – | 1 | 3) |
| KUVY | 4 | 2550 | 5 | 12100 | – | – |
| PKVY | – | – | – | – | – | – |
| VAVY | 2 | 900 | – | – | – | – |
| KSVY | 7 | 2163 | 3 | 705 | 1 | 20000 ⁴⁾ |
| KOVY | 1 | 80 | 1 | 500 | – | – |
| OUVY | 2 | 266 | 3 | 13370 | – | – |
| KAVY | – | – | – | – | – | – |
| LAVY | 1 | 300 | – | – | – | – |
| Yhteensä | 36 | 27699 | 16 | 35051 | 4 | |

1) Saastunut maa-aines peitetty asfalttikentällä, 43000 m²

2) Poltto Ekokem Oy:llä.

3) Kastelualtaan sakkaa 6 tonnia poltettvaksi Ekokem Oy:lle.

4) Saastunut maa-aines peitetty puhtaalla maakerroksella.

Kahdessa kunnostuskohteessa, joissa maa-aineksen sisältämien kloorifenolien sekä muiden haitta-aineiden määrä on ollut pieni ja toimenpiteitä vaativien massojen määrä suuri, on menetelmänä käytetty eristämistä. Eristäminen on tapahtunut peittämällä

saastunut alue ensimmäisessä tapauksessa puhtaalla asfaltilla ja jälkimmäisessä puhtaalla maa-aineksella. Saastunutta maata ei kuitenkaan voida näin menetellen saattaa vaarattomaksi, joten se on ainoastaan tilapäinen ratkaisu. Eristetyllä alueella olevat saastuneet maamassat voidaankin tarvittaessa esimerkiksi alueen käyttötarkoituksen muuttuessa edellyttää poistettavaksi ja käsiteltäväksi vaarattomaan muotoon.

4 KOMPOSTOINNIN SEURANTATULOSTEN TARKASTELU

Kompostoinnin toteuttajalta on kunnostuslupapäätöksissä edellytetty riittävää pitoisuusseurantaa. Kloorifenolipitoisuus on määritetty aumoista vähintään kerran vuodessa; monissa tapauksissa useamminkin. Metyloitumistuotteiden pitoisuuksia on seurattu kaikkiaan 12 hankkeessa. Tässä kappaleessa on pyritty olemassa olevien seurantatulosten perusteella selvittämään kloorifenolipitoisuuden vähenemään vaikuttavia tekijöitä. Samoin on pyritty selvittämään kloorianisoli- ja -veratrolipitoisuuksien merkitystä kompostoinnille. Dioksiini- ja furaanipitoisuuksia ei ole komposteista toistaiseksi määritetty, mutta tulevaisuudessa niiden rooli lienee viimeistään kompostimassan loppusijoituksen yhteydessä merkittävä.

Luotettavien tulosten saamiseksi on joidenkin kompostiaumojen seurantatulokset jätetty huomioimatta laskennassa. Viimeksi otetun näytteen pitoisuus on yhdeksän kompostiauman kohdalla suurempi kuin auman lähtöpitoisuus. Näytteenoton voidaan ainakin näissä tapauksissa todeta epäonnistuneen, eikä kyseisten aumojen seurantatietoja ole siten syytä käyttää seuraavissa tarkasteluissa. Ristiriitaisten tietojen lisäksi on tarkastelusta jätetty pois ne kohteet, joista on toistaiseksi olemassa vain kompostin lähtöpitoisuus.

4.1 Kokonaiskloorifenolipitoisuuden vähenemään vaikuttavat tekijät

4.1.1 Lähtöpitoisuuden vaikutus

Kompostiauman lähtöpitoisuus vaikuttaa selvästi kuukausittaisen kloorifenolivähenemän suuruuteen (taulukko 35). Auman, jonka lähtöpitoisuus on korkea, absoluuttinen pitoisuusvähenemä on huomattavasti suurempi kuin auman, jonka lähtötaso on pieni. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että korkea lähtöpitoisuus olisi eduksi kompostin toiminnalle. Kun pitoisuusvähenemä suhteutetaan auman lähtöpitoisuuteen, havaitaan kompostointitehokkuutta huomattavasti paremmin kuvaavan *suhteellisen vähenemän* pienenevän kompostiauman lähtöpitoisuuden kasvaessa. Koska lähtöpitoisuuden vaikutus on ilmeisen merkittävä, tulee se ottaa huomioon myös, kun määritetään muiden tekijöiden vaikutusta kompostoinnin toiminnalle.

Kompostoidun maa-aineksen laadulla on lähtöpitoisuuden kannalta suuri merkitys. Runsaasti orgaanista ainesta sisältävä maaperä kokoaa itseensä moninkertaisia kloorifenolipitoisuuksia verrattuna vastaaviin kivennäismaihin. Maa-aineksen laatua ei ole kuitenkaan voitu käyttää puutteellisten tietojen takia tämän tarkastelun selittävänä tekijänä.

Taulukko 35. Auman lähtöpitoisuuden vaikutus kompostin kloorifenolipitoisuuden vähenemään.

| Auman lähtöpitoisuus [mg/kg ka] | Komposti- aumojen määrä [kpl] | Käsitellyn maa-aineksen kokonaismäärä [m ³] | Lähtöpi- toisuuden keskiarvo [mg/kg ka] | Keskimääräinen pitoisuus- vähenemä [mg/kg/kk] | Suhteellinen vähenemä [%/kk] |
|---------------------------------------|--|--|--|--|------------------------------------|
| 0–100 | 20 | 12295 | 36,4 | 2,5 | 6,9 |
| 100–1000 | 20 | 7154 | 339,4 | 18,4 | 5,4 |
| >1000 | 11 | 2200 | 4360,4 | 105,1 | 2,4 |

4.1.2 Valmiiksi kasvatetun hajottajabakteerin lisäämisen vaikutus

Kasvatettua bakteeria on lisätty aumoihin lähinnä hankkeissa, joiden suunnittelusta ja hoidosta on vastannut joko Oy Alko Ab Biotekniikka, Bioteam Oy, DN–Bioprocessing Oy tai Ecolution Oy. Valtameri Osakeyhtiön konsultoimassa hankkeessa käytettiin kloorifenolihajottajana valkolahosientä. PSV Oy:n konsultoinnit on toteutettu yhtä lukuunottamatta ilman ympäristö- ja Insinööritoimisto Paavo Ristola Oy:n suunnittelemista ja toteuttamista kompostointihankkeista ei ole kasvatettua bakteeria käytetty lainkaan. Kymen vesi- ja ympäristöpiiri, Metsä–Serla Oy sekä Iisalmen sahat Oy ovat lisäksi kukin suunnitelleet itsenäisesti yhden hankkeen. Jalostettua hajottajakantaa ei näissä tapauksissa käytetty, mutta Kymen vesi- ja ympäristöpiiriin toteuttamassa Parikkalan Saharannan kompostoinnissa hyödynnettiin vanhaa kompostimassaa.

Bakteeriympäristöä on lisätty kompostiaumoihin lähinnä silloin, kun lähtöpitoisuudet ovat olleet korkeita. Kuten kappaleessa 4.1.1 todettiin, on suhteellinen kloorifenolivähenemä pienin juuri tällaisissa aumoissa. Lisäämällä kompostiin kasvatettua *rhodococcus*-bakteeria on tuloksia kuitenkin pystytty parantamaan siten, että suhteellinen vähenemä on samaa suuruusluokkaa kuin ympäristöpiirillä lievemmin saastuneen maa-aineksen komposteilla (taulukko 36).

Ympäristöjen ja ympäristöpiirien kompostien tuloksia on suuren lähtöpitoisuuseron vuoksi syytä tarkastella vielä lähemmin. Jakamalla aumat lähtöpitoisuutensa perusteella luokkiin, voidaan arvioida bakteerilisäyksen vaikutusta pitoisuuksiltaan erilaisten maamassojen käsittelyssä (taulukko 37). Tulokset tukevat bakteerilisäyksen tarpeellisuutta erityisesti silloin, kun auman lähtöpitoisuus on alle 1000 mg/kg ka. Suhteellinen vähenemä on tällöin noin 30% suurempi kuin ympäristöpiirissä komposteissa. Aumat, joiden lähtöpitoisuus on yli 1000 mg/kg ka, toimivat huonosti bakteerilisäyksestä huolimatta. Näiden aumojen osuus on ympäristöpiirien aumojen kohdalla hyvin suuri, mikä heikentää merkittävästi myös taulukossa 36 esitettyjä kompostointituloksia.

Vanhalla kompostimassalla ja valkolahosienellä ympätyt aumat näyttävät toimineen selvästi tehokkaammin kuin ympäristöpiirissä ja bakteerilla ympätyt. Näitä menetelmiä on tosin kokeiltu vain muutamissa tapauksissa, joten saatujen tulosten tilastollista merkitsevyyttä ei voi pitää kovinkaan suurena.

On oleellista huomata, että tästä tarkastelusta on jätetty pois ne aumat, joissa havaittu lähtöpitoisuus oli pienempi kuin seurannassa viimeiseksi määritetty arvo. Vaikka ristiriitaisten seurantatietojen antama informaatio on näissä tapauksissa hyvin kyseenalaista, voidaan kompostoinnin arvioida ainakin jossakin määrin epäonnistuneen. Ei liene pelkkää sattumaa, että vain yhteen kyseisistä aumoista on lisätty valmista bakteer-

riymppiä. Kahdeksassa muussa tapauksessa on kompostointi pyritty käynnistämään pelkästään luonnollisen hajottajabakteerikannan toimintaedellytyksiä parantamalla.

Taulukko 36. Lisätyn bakteeriympin vaikutus kompostin kloorifenolihajotukseen.

| | Komposti- aumojen määrä [kpl] | Käsitellyn maa-aineksen kokonaismäärä [m ³] | Lähtö- pitoisuuden keskiarvo [mg/kg ka] | Keskimääräinen pitoisuusvä- henemä [mg/kg/kk] | Suhteellinen vähenemä [%/kk] |
|-------------------------------------|--|--|--|--|------------------------------------|
| Ei bakteerilisäystä | 24 | 10832 | 298,8 | 10,2 | 3,4 |
| Kasvatettu bakteeri lisätty | 21 | 4378 | 1964,2 | 63,4 | 3,2 |
| Valkolahosieni | 4 | 4800 | 124,4 | 7,6 | 6,1 |
| Ympäys vanhalla kompostimassalla | 2 | 1700 | 182,8 | 13,3 | 7,3 |

Taulukko 37. Ympättyjen ja ympäämättömien kompostiaumojen absoluuttisen ja suhteellisen kloorifenolivähenemän vertailu lähtöpitoisuuden suhteen.

| | Lähtöpitoisuus luokittain [mg/kg ka] | Luokkaan kuu- luvia aumoja [kpl] | Käsiteltyjä massoja [m ³] | Pitoisuuden keskivähenemä [mg/kk] | Suhteellinen vähenemä [%/kk] |
|---------------------|--|--|---|---|------------------------------------|
| Lisätty bakteeri | 0-100 | 1 | 540 | 6,2 | 7,5 |
| | 100-500 | 5 | 948 | 24,1 | 9,1 |
| | 500-1000 | 6 | 1410 | 41,9 | 5,3 |
| | <1000 | 16 | 2898 | 29,4 | 6,8 |
| | >1000 | 9 | 1480 | 115,3 | 2,4 |
| Valkolahosieni | 0-100 | 2 | 2400 | 6,4 | 10,6 |
| | 100-500 | 2 | 2400 | 8,9 | 4,7 |
| Ei bakteerilisäystä | 0-100 | 16 | 8715 | 1,3 | 4,4 |
| | 100-500 | 5 | 1247 | 11,0 | 6,9 |
| | 500-1000 | 1 | 150 | 27,0 | 3,7 |
| | <1000 | 22 | 10112 | 2,9 | 5,3 |
| | >1000 | 2 | 720 | 84,3 | 2,5 |

4.1.3 Kompostin koon vaikutus

Auman koon suoranaista vaikutusta kompostoinnin onnistumiseen on vaikea arvioida. Suuret aumat toimivat suhteellisten vähenemien perusteella merkittävästi paremmin kuin pienet, mutta johtopäätöksiä tehtäessä on otettava koon lisäksi huomioon lähtöpitoisuuksien vaihtelu. Aumojen kokoamiskäytäntö vaihtelee hankkeittain suuresti.

Joissakin tapauksissa on aumaan kerätty vain pahimmin saastuneet maamassat, kun taas eräissä tapauksissa on kompostoitu hyvinkin lievästi saastuneita suuria massamääriä. Tämä on puolestaan johtanut siihen, että suurten aumojen lähtöpitoisuudet ovat selvästi vähäisempiä kuin vastaavien pienten aumojen. (taulukko 38)

Kompostin suuresta koosta on etua lähinnä sen lämpötalouteen liittyvissä kysymyksissä. Ison auman lämpötasapaino säilyy olosuhteiden vaihdellessa paremmin kuin pienen yksikön. Toisaalta jokin osa kompostista saattaa esimerkiksi epätasaisen sekoittumisen takia joutua anaerobiin tilaan, jolloin kompostin toiminta häiriintyy. Suuren yksikön hoitaminen on muutoinkin hankalampaa. Se vaatii tehokkaampia menetelmiä ja erityistä huolellisuutta kastelun, kääntämisen sekä näytteenoton yhteydessä.

Taulukko 38. Kompostiauman sisältämän saastuneen maa-aineksen määrän vaikutus kompostoinnin onnistumiseen.

| Auman sisältämän saastuneen maa-aineksen määrä [m ³] | Komposti-aumojen määrä [kpl] | Käsitellyn maa-aineksen kokonaismäärä [m ³] | Lähtöpitoisuuden keskiarvo [mg/kg ka] | Keskimääräinen pitoisuusvähennys [mg/kg/kk] | Suhteellinen vähenemä [%/kk] |
|--|------------------------------|---|---------------------------------------|---|------------------------------|
| 0-100 | 15 | 833 | 1713,1 | 52,6 | 3,1 |
| 100-500 | 14 | 2536 | 3156,7 | 72,2 | 2,3 |
| 500-1000 | 14 | 8880 | 261,0 | 14,7 | 5,6 |
| > 1000 | 8 | 9460 | 80,1 | 4,5 | 5,6 |

4.1.4 Seosaineiden vaikutus

Saastunut maa-aines sisältää aina kloorifenoleja hajottavia bakteereja, mutta niiden toimintaolosuhteet ovat yleensä hyvin epäsuotuisat. Maa-aineksen kompostointiominaisuuksia ja -olosuhteita on pyritty parantamaan lisäämällä aumaan – maa-aineksen laadusta riippuen – riittävästi orgaanista ainesta, ravinteita ja vettä siten, että kompostin kosteus on 40...60% (Salminen 1992). Joissakin tapauksissa on myös seoksen pH osoittautunut niin alhaiseksi, että sitä on jouduttu säätämään kalkilla. Optimiarvona kompostimassan pH:lle pidetään 6,0...7,6 (Salminen 1992). Luomalla hajottajabakteereille suotuisat olosuhteet voidaan kompostoitumisprosessia nopeuttaa ja välttää kloorifenolien metyloituminen kloorianisoleiksi ja -veratroleiksi. Valon ja Salkinoja-Salosen (1988) mukaan metyloituminen olisi mikrobin kannalta detoksifikaatiomekanismi, jolla se pyrkii pääsemään eroon haitallisesta yhdisteestä. Metyloitunut tuote on usein mikrobille vähemmän toksinen kuin emoyhdiste.

Orgaanisen seosaineen tarkoituksena on parantaa kompostimassan ilmavuutta ja toimia mikrobien kasvualustana. Se varaa myös lämpöä ja sitoo itseensä maa-aineksen sisältämiä kloorifenoleja, mistä on etua erityisesti haitta-ainepitoisuuksien ollessa korkeita. Toisaalta tämä tarkoittaa myös sitä, että kloorifenolin saastuttaman orgaanista ainesta runsaasti sisältävän maan lähtöpitoisuus on yleensä korkeampi kuin epäorgaanisen maa-aineksen (Valo 1992). Suomessa toteutetuissa kompostointihankkeissa on käytetty seosaineena yleisimmin puun kuorta, sahanpurua tai haketta. Tarvittavan seosaineen määrä riippuu lähinnä käsiteltävän maa-aineksen tiiveydestä ja kloorifenolipitoisuudesta.

Fosfori- ja typpilannoitteita on lisätty kompostimassaan maa-ainesnäytteiden perusteella. Yleisimmin käytetyt lannoiteaineet ovat urea ja raakafosfaatti. Seurantatulosten perusteella ei havaittu lannoitteilla kuitenkaan olevan merkittävää vaikutusta. Ravin- teiden lisäämisen vaikutuksesta onkin olemassa osin ristiriitaista tietoa, sillä esimerkiksi Saastamoisen (1992) mukaan niiden vaikutus on kloorifenolipitoista maata kompostoi- taessa negatiivinen. Ravinnelisyys ei vaikuta millään tavoin kloorifenolihajottajien toiminta- ja elinolosuhteisiin. Sen sijaan se stimuloi muiden mikrobien toimintaa.

Kompostin kääntö ja kastelu ovat tapahtuneet yleensä näytteenoton yhteydessä kerran tai kahdesti vuodessa. Samalla on tutkittu myös seoksen pH. Kompostin toiminnassa havaitut lyhytaikaiset häiriöt ovat olleet varsin yleisiä ja niitä on muutamissa tapauksis- sa korjattu suunnitelmallisten hoitotoimenpiteiden avulla.

4.2 Kloorianisoli- ja -veratrolipitoisuus

Kloorianisolit ja -veratrolit ovat kloorifenoliyhdisteiden metyloitumistuotteita. Niiden esiintymistä ei voi yleensä pitää kompostimassan toksisuuden kannalta kovinkaan merkittävänä. Metyloitumista tapahtuu, kun maaperän tai kompostin hajotusolosuhteet muuttuvat kloorifenolihajottajille epäsuotuisiksi. Tällöin muiden mikrobikasvustojen toiminta tehostuu aiheuttaen ei-toivottuja metyloitumisreaktioita. Kloorianisolien ja - veratrolien pitoisuutta voidaankin pitää hyvänä kompostoitumisolosuhteiden indikaatto- rina, mikäli se määritetään aina kloorifenolipitoisuuksien yhteydessä. (Ympäristöminis- teriö 1988)

Metyloitumistuotteiden pitoisuutta on seurattu kaikkiaan 12 kompostointihankkeessa. Määrittäminen on tehty vain seitsemästä aumasta useammin kuin kerran. Pitoisuus on yhtä aumaa lukuunottamatta ollut suurimmillaan kompostoinnin alkaessa ja alentunut kom- postoinnin jatkuessa. Vapo Oy:n Rökän sahan kompostoinnissa auman kloorianisoli- pitoisuus nousi hetkellisesti noin 10-kertaiseksi lähtötilanteeseen verrattuna. Kloorifenoli- pitoisuus on silti laskenut tasaisesti.

Anisoli- ja veratrolipitoisuuksia tarkasteltaessa on huomattava, että pitoisuus vaihtelee eri hankkeissa mikrogrammoista milligrammoihin. Metyloitumistuotteiden määrä riippuu ainakin jossakin määrin kloorifenolipitoisuudesta, joten on varsin oleellista selvittää kussakin tapauksessa niiden keskinäinen suhde. Mikäli anisolien ja veratrolien määrä nousee hyvin suureksi suhteessa kloorifenolien määrään, on kompostoi- misolosuhteita syytä epäillä epäsuotuisiksi.

4.3 Dioksiini- ja furaanipitoisuudet

Dioksiini- ja furaanipitoisuuksien määrittämisä ei ole kompostiaumoille tehty. Suunni- telmia kompostointihankkeiden päättymisen yhteydessä tehtävistä tutkimuksista on olemassa, mutta niitä ei toistaiseksi ole toteutettu.

On kuitenkin oleellista havaita, että kompostoinnille asetetun kloorifenolien tavoitepi- toisuuden saavuttaminen ei välttämättä takaa maa-aineksen käyttö- ja loppusijoituskel- poisuutta. Dioksiinien ja furaanien määrä säilyy kompostoinnin ajan alkuperäisellä tasolla. Kompostoidun maan toksisuuden arviointi on näin ollen mahdotonta, ellei sen dioksiini- ja furaanipitoisuus ole tiedossa. Kyseisten yhdisteiden määrä tulisi tutkia

kertaluonteisesti ainakin niissä tapauksissa, joissa kloorifenolien lähtöpitoisuudet ovat olleet korkeita. Kompostoitu maa-aines lienee tällöin sisältänyt tetra-, tri- ja penta-kloorifenolien lisäksi merkittävässä määrin KY-5-kemikaalin valmistusprosessissa epäpuhtauksina syntyneitä dioksiineja ja furaaneja.

5 KUNNOSTUSHANKKEIDEN HALLINNOINTI

5.1 Kunnostuspäätökset

5.1.1 Kunnostuksen toteuttaminen

Lääninhallitukset ovat vastanneet yleisimmin kunnostushankkeiden ympäristölupapäätöksistä (taulukko 39). Vuoden 1993 loppuun saakka voimassa olleen jätehuoltolain mukaan tuli kunnostuksen toteuttajan toimittaa jätehuoltosuunnitelma hyväksyttäväksi joko lääninhallitukseen tai kunnan ympäristölautakuntaan. Toisena vaihtoehtona oli lääninhallituksen myöntämä ongelmajätteen käsittelylupa. Vuoden 1994 alusta voimaan astuneen uuden jätelain mukaisesti on kaikki maaperän saastumistapaukset käsiteltävä lääninhallituksessa (01.03.1995 alkaen alueellisissa ympäristökeskuksissa). Maaperän saastumiseen, joka on tapahtunut ennen jätelain voimaantuloa, sovelletaan aikaisemman jätehuoltolain säännöksiä ja niiden soveltamisessa muodostunutta oikeuskäytäntöä. Jätehuoltolain mukaan ensisijaisena vastuullisena on saastumisen aiheuttaja. Toissijaisia vastuutahoja ovat kiinteistön haltija ja kunta.

Kunta on valittanut yhdessä tapauksessa lääninhallituksen päätöksestä korkeimpaan hallinto-oikeuteen päätöksen kuitenkin muuttumatta. Kuntien ympäristölautakunnat ja ympäristösihteerit ovat myöntäneet luvan kahdeksaan hankkeeseen. Toiminnanharjoittajat ovat toteuttaneet neljä kunnostusta omaehtoisesti ilman varsinaista lupaprosessia. Kyseisissä hankkeissa on kuitenkin toimittu ympäristöviranomaisten kanssa yhteistyössä. Vesilain mukaisia menettelytapoja, kuten virka-avun hakemista ei ole käytetty yhdessäkään tapauksessa. (taulukko 39)

Tyypillisen kunnostushankkeen lähtökohtana on varsinkin viime aikoina ollut kiinteistönomistajan aikomus muuttaa alueen käyttötarkoitusta. Käytännössä tämä on lähes aina tarkoittanut asuntoalueeksi kaavoittamista. Omien intressiensä takia kiinteistönomistaja onkin useimmiten hakenut itse lupaa kunnostustöiden aloittamiselle kaavoitusprosessin nopeuttamiseksi. Näin ollen on monissa tapauksissa harhaanjohtavaa puhua varsinaisesta kunnostusmääräyksestä. Luvan antajan tehtävänä on siis ollut lähinnä asettaa ehdot toimenpiteille, joiden suorittamisen jälkeen alue soveltuu haluttuun käyttötarkoitukseen.

Taulukko 39. Kunnostuslupan käsittelyviranomaiset.

| Kunnostuslupan käsittelyviranomainen | Myönnettyjen lupien määrä [kpl] |
|--------------------------------------|------------------------------------|
| Korkein hallinto-oikeus | 1 |
| Lääninhallitus | 31 |
| Kunta | 8 |
| Omaehtoinen (viranomaisvalvonta) | 4 |

5.1.2 Käsittelyn (kompostoinnin) lopettaminen ja maa-aineksen loppusijoitus

Kunnostushankkeissa perustetuista 52 kompostiaumasta on vuoden 1994 loppuun mennessä saatettu loppuun yhteensä 25. Kloorifenolien tavoitepitoisuus, yleensä 10 mg/kg ka, on saavutettu keskimäärin kahdessa vuodessa (20,7 kk). Kyseiseen kesto aikaan on kuitenkin suhtauduttava kriittisesti, sillä kompostoinnin lyhyen historian vuoksi näiden aumojen lähtöpitoisuudet ovat olleet varsin alhaisia. Puretuista aumoista on toistaiseksi vain yhden lähtöpitoisuus ylittänyt 1000 mg/kg ka. Käsittelyn lopettamisen ehdoista ja maa-aineksen loppusijoituksesta päättäminen on tapahtunut joko kunnostukseen myönnetyn luvan yhteydessä tai myöhemmin annetulla erillisiin lisäselvityksiin perustuvalla luvalla. Jälkimmäistä käytäntöä voidaan pitää kompostoinnin osalta suositeltavana, sillä useita vuosia kestävän prosessin aikana saattaa ilmetä uusia huomionarvoisia seikkoja. Muiden käsittelymenetelmien, kuten polton ja eristämisen kohdalla voidaan kunnostuksen tavoitteet ja sijoitukseen liittyvät käytännön toimenpiteet määrätä jo prosessin alkaessa.

5.2 Rahoitus

Kunnostushankkeiden kustannusvastuun lähtökohtana on aiheuttamisperiaate. Tämän mukaisesti on useimmiten myös käytännössä toimittu. Mikäli kuitenkin saastuttaja on maksukyvytön, siirtyy vastuu tarvittavien kunnostustoimenpiteiden suorittamisesta saastuneen alueen uudelle omistajalle. Useissa tapauksissa esimerkiksi rakennusliike tai kunta on ostanut saha-alueen asuinalueeksi kaavoittamista varten. (taulukko 40)

Taulukko 40. Kunnostushankkeiden rahoituksen järjestely.

| Kunnostushankkeen rahoitus | Hankkeiden määrä |
|--|------------------|
| Aiheuttaja | 25 |
| Nykyinen kiinteistönomistaja | 5 |
| Valtion jätehuoltotyö | 5 |
| Kunta | 4 |
| Kunta ja aiheuttaja | 2 |
| Kunta ja nykyinen kiinteistönomistaja | 1 |
| Aiheuttaja ja nykyinen kiinteistönomistaja | 1 |
| Muu | 1 |

Valtion jätehuoltotöihin suunnattuja varoja on käytetty tapauksissa, joissa vahingon aiheuttaja ei esimerkiksi toiminnan lopettamisen tai kohtuuttoman suurten kunnostuskustannusten takia kykene kantamaan teostaan taloudellista vastuuta (taulukko 40). Jätehuoltotyöhön osoitetun määrärahan saamisen edellytyksenä on, että myös toissijaiselle vastuutaholle eli kiinteistönhaltijalle tai kunnalle koituisi puhdistamisesta kohtuuttomat kustannukset. Prioriteetiltaan ensimmäisenä tulevat kohteet, joissa haitta-ainesten leviäminen pohjaveteen tai vesistöön vaikuttaa ilmeiseltä. Valtion osuus on Santaholman sahaa lukuunottamatta ollut puolet jätehuoltotöiden kustannuksista; Haukiputaan kunnan osuus Santaholman sahan kunnostustyöstä oli 69%. Kuntien osuus suoritetuista kunnostuksista on muutenkin varsin merkittävä sekä osarahoittajana että itsenäisesti toteutettujen hankkeiden osalta.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kompostinäytteen otto ja analysointi

Kolmannes maassamme suoritettujen kompostointihankkeiden seurantatuloksista sisältää epäluotettavaa ja ristiriitaista informaatiota. Jo muutamat epäjohdonmukaiset analyysitulokset saattavat asettaa koko kompostointihankkeen seurannan luotettavuuden kyseenalaiseksi.

Analysointimenetelmän valinta vaikuttaa käsiteltyjen rinnakkaisnäytteiden perusteella saatujen pitoisuusarvojen oikeellisuuteen. Tiedetään, että eri menetelmien ja laboratoriodien välisissä tuloksissa esiintyy tasoeroja. Erot ovat kuitenkin niin pieniä, etteivät ne ratkaisevasti heikennä pitoisuusseurannan luotettavuutta. Tätä arviota tukee toisaalta se, että kompostin kaikki näytteet on poikkeuksetta tutkittu saman laboratorion toimesta. Näin ollen on perusteltua väittää, ettei ristiriitaisten pitoisuusseurantatulosten perussyö ole analysoinnissa vaan näytteenotossa.

Kloorifenolikompostin näytteenotolle ei ole olemassa yhtenäistä valtakunnallista käytäntöä. Tapauskohtaisesti käytettyjen näytteenottotapojen perusteella onkin syytä olettaa saatavien tulosten vaihtelevan suuresti. Esimerkiksi kokoomanäytteen otossa on osanäytteiden määrä vaihdellut välillä 4...50. Tämä ei voi olla vaikuttamatta kokoomanäytteen tulokseen. Kloorifenolipitoisuuden määrittämisä on tehty varsin vaihtelevin väliajoin, joten myös otettavien näytteiden ajankohtia tulisi yhdenmukaistaa ja varsinkin kesäkauden näytteenottoa tihentää.

Edustavan näytteen saaminen aumasta kenttäolosuhteissa vaatii erillisen suunnitelman. Näytteenottoon onkin kehitettävä standardijärjestelmä, jolla kompostimassan sisällöstä saadaan kattava otos. Pitoisuusmäärittämisessä tulee käyttää ainoastaan kokoomanäytteitä. Kokoomanäytteen tulee koostua riittävän useista osanäytteistä, joiden ottopaikat auman poikki- ja pituusleikkausten suhteen on ennalta määrätty. Näin menetellen voidaan välttää ainakin karkeimmat virheet, ja parantaa siten pitoisuusseurannan luotettavuutta merkittävästi.

Kompostin kloorifenolipitoisuuden kehitykseen vaikuttavat tekijät

Auman lähtöpitoisuus on seurantatulosten perusteella tärkein kloorifenolien hajotusnopeuteen vaikuttavista tekijöistä. Suhteellinen kloorifenolivähenemä alenee johdonmukaisesti auman lähtöpitoisuuden kasvaessa. Kompostit, joiden lähtöpitoisuus on yli 1000 mg/kg ka, ovat toimineet hyvin huonosti riippumatta siitä, onko niihin lisätty kasvatettuja kloorifenolihajottajia vai ei. Kompostiaumaa perustettaessa sen pitoisuus tuleeikin pyrkiä saamaan selvästi tämän tason alapuolelle laajentamalla kompostointiin otettavan maa-aineksen kaivua voimakkaimmin saastuneista maa-aineksista lievemmin saastuneisiin maihin. Myös orgaaniset seosaineet alentavat tehokkaasti lähtöpitoisuutta sitomalla itseensä suuria kloorifenolimääriä.

Viljellyn rhodococcus-bakteerin tai valkolahosienien lisääminen on helpottanut merkittävästi kompostointiprosessin käynnistymistä. Ympin merkitys lieneekin suurin alkuvaiheessa, jolloin sen lisäämisellä voidaan välttää riski kompostoinnin täydellisestä epäonnistumisesta. Ympin lisäämisen merkitys on vähentynyt hajotustoiminnan käynnistymisen jälkeen. Sen olemassaolo on vaikuttanut kloorifenolihajotukseen myönteisesti, mutta ei kuitenkaan ole nopeuttanut sitä kovin merkittävässä määrin.

Seosaineiden lisäämisen, lannoituksen, kastelun ja pH:n säädön vaikutusten arviointi on vertailukohtien puuttuessa vaikeata. Kaikkien aumojen hajotusolosuhteet on pyritty saamaan hajotustoiminnalle optimaalisiksi. Edellä mainittuja tekijöitä on kuitenkin tarkasteltu vain kloorifenolinäytteenoton yhteydessä, eikä tuloksia ole juurikaan hyödynnetty hoitotoimenpiteitä suunniteltaessa. Ravinteiden osalta on näytteitä otettu vain kompostin perustamisen yhteydessä ja silloin, kun on etsitty syitä heikentyneeseen hajotusnopeuteen. Kompostin seurantaa tulisi tehostaa tutkimalla ravinnesuhteet vuosittain ja kosteus ainakin sulan maan aikana kuukausittain. Seurantatuloksiin tulisi reagoida välittömästi, jotta kompostoitumisprosessi ei turhaan pitkittyisi. Ympäristölupapäätöksissä tulisikin antaa täsmälliset seurantamääräykset ja velvoite suorittaa hoitotoimenpiteet välittömästi, kun seurantatulokset antavat niihin aihetta.

Kompostimassan sekoittamiseen aumojen rakennettaessa ja kääntämisen yhteydessä tulee kiinnittää erityistä huomiota. Sekoittamisessa on käytetty useimmiten samaa perinteisen maansiirron kalustoa, jota kunta käyttää maarakennustöissään. Riittävän maa-aineksen sekoittamisen turvaaminen on tällä kalustolla vaikeaa, joskaan ei mahdotonta. Maa-aineksen esiseulonnalla ja kompostiaumojen kääntämiseen tarkoitettulla laitteistolla on sekoittuminen, ja siten kompostointiprosessin nopea käynnistyminen ja eteneminen kuitenkin huomattavasti varmempaa.

Metyloitumisprosessien merkitys kompostoinnissa

Olemassaolevien seurantatulosten perusteella näyttää siltä, että kloorianisoli- ja -veratrolipitoisuuksien merkitys on kompostoitumisprosessissa varsin vähäinen. Kyseisten yhdisteiden pitoisuus on yhtä tapausta lukuunottamatta ollut suurimmillaan kompostoinnin alkaessa. Tämä tukee käsitystä siitä, että maaperässä vallitsevat olosuhteet suosivat kloorifenoleita metyloivia bakteereja. Kompostin perustamisen yhteydessä mikrobien toimintaolosuhteet muuttuvat ja aumassa alkaa tapahtua normaalin kloorifenolihajotuksen lisäksi kloorianisoliin demetylaatiota, mikä selittää metyloitumistuotteiden laskevan pitoisuuskehityksen.

Kursun puu Oy:n kompostointihanketta Sallassa voidaan pitää ainoana kohteena, jossa metyloitumisella on ollut merkitystä kompostoitumisprosessille. Kompostin kloorifenolipitoisuus oli kyseisessä tapauksessa hyvin korkea (yli 15000 mg/kg ka), mikä lieneekin syynä siihen, että mikrobit ovat pyrkineet muuntamaan itselleen toksisia kloorifenoliyhdisteitä anisoleiksi ja veratroleiksi.

Dioksiini- ja furaanipitoisuuksien määrittämisen merkitys

Dioksiini- ja furaaniyhdisteiden määrä on tutkittu vain muutamien kunnostettujen sahateiden maaperästä ja toistaiseksi kaikki tutkimukset ovat johtaneet jatkotoimenpiteisiin. Suoritetun tutkimuksen perusteella onkin syytä olettaa dioksiineja ja furaaneja esiintyvän lähes kaikkien KY-5 -sinistyksensuoja-ainetta käyttäneiden sahateiden alueella.

Dioksiini- ja furaaniyhdisteet tarttuvat tiukasti maan pintakerrokseen, sillä niiden huuhtoutuminen on vähäistä. Ihmisten ja eläinten altistumisriski kyseisille yhdisteille on näinollen hyvin suuri, ellei saastunutta maata alueelta poisteta. Dioksiini- ja furaanimääritykset tulisikin tehdä ainakin kohteissa, joissa on tarkoitus kaavoittaa vanha sahateiden asuinalueeksi tai muuhun hyötykäyttöön. Tärkeimpänä syynä vähäisiin

määrittäisiin on näytteiden korkea analysointikustannus. Kustannuksia voitaisiin pienentää huomattavasti, mikäli useammista kohteista otetut näytteet tutkittaisiin keskitetysti samalla kertaa.

Dioksiini- ja furaaniyhdisteiden määrittäminen tulee kysymykseen myös kompostoinnin lopettamisen ja kompostimassan loppusijoituksen yhteydessä. Lähivuosina saadaan päätökseen useita kompostointihankkeita, ja ennen loppusijoitusta onkin oleellista selvittää dioksiinien ja furaanien määrä ainakin niistä komposteista, joissa kloorifenolien lähtöpitoisuus on ollut korkea.

Kloorifenolipitoisuutta on tähän saakka pidetty saha-alueiden kunnostuspäätösten kannalta tärkeimpänä ja usein myös ratkaisevana tekijänä. On kuitenkin perusteltua kysyä, pitäisikö pieninäkin pitoisuuksina vaarallisten dioksiinien ja furaanien osuutta kunnostusratkaisujen tekemisessä harkita uudelleen. Jos dioksiini- ja furaanipitoisuudet ylittävät maaperässä toimenpiderajan, tulisi kompostoinnin mielekkyyttä tarkastella kokonaan uudesta näkökulmasta. Kunnostussuunnitelmien tulisi entistä useammin lähteä siitä, että saastuneen alueen massat jaotellaan eri käsittelyvaatimusten mukaan. Tällöin samassa hankkeessa käytetään eri kunnostusmenetelmiä ominaisuuksiltaan erilaisille maamassoille. Näin toimien toteutuu parhaan taloudellisesti käyttökelpoisen tekniikan periaate.

Sahakunnostusten tulevaisuus ja jatkotoimenpiteet

Vanhojen saha-alueiden sijainti on usein ihanteellinen asuntorakentamisen kannalta. Siksi niiden kunnostaminen tulee varsinkin tiheimmin asutuilla alueilla olemaan ajankohtaista myös lähitulevaisuudessa. Vesi- ja ympäristöpiirit ovat tutkineet tähän mennessä kunnostettujen kohteiden lisäksi yli 100 saha-aluetta, joista suurin osa on osoittautunut ainakin jossakin määrin saastuneeksi. Kaikki viittaa siis siihen, että kunnostusprojektien määrä säilyisi vähintään 90-luvun alkupuoliskon tasolla.

Vaikka kaatopaikkojen vaatimustasoa ollaan kiristämässä, niin myös kaatopaikalle sijoitettavalle jätteelle ollaan asettamassa laatuvaatimuksia. EU:n kaatopaikkadirektiivi-luonnoksessa on annettu raja-arvot kloorifenoli- ja dioksiinipitoisille jätteille. Kloorifenolipitoisen jätteen raja-arvo tulee olemaan varsin alhainen, ja se ilmeisesti muuttaa nykykäytäntöä sekä läjitetyn maa-aineksen että loppuun saatetun kompostimassan loppusijoituksen osalta.

Tämän raportin antamien tulosten siirtäminen käytännön kunnostushankkeisiin vaatisi seuraavien jatkotutkimusten ja -toimenpiteiden kiireellistä toteuttamista:

- Dioksiini- ja furaanipitoisuuksien keskitetty määrittäminen vuonna 1995 toteutettaviksi suunnitelluissa kunnostuskohteissa sekä ainakin niistä jo aloitetuista komposteista, joissa kloorifenolien lähtöpitoisuus on ollut korkea.
- Edellisessä kohdassa saatujen tulosten perusteella tulee arvioida uudelleen kyseisten yhdisteiden merkitystä saha-alueiden kunnostuksessa ja laatia selvitys BAT-periaatteen (Best Available Technology) soveltamisen mahdollisuuksista.
- Teknisten ohjeiden antaminen kompostointia varten. Ohjeiden laadinnassa tulee ottaa huomioon sekä uusin käytettävissä oleva tutkimustieto että saadut käytännön kokemukset.

KIRJALLISUUS

Kirjallisuus ja artikkelit

- Asetus ympäristölupamenettelyasetuksen muuttamisesta. 1993. Suomen säädöskokoelma 1073/93.
- Jätehuoltolaki. 1978. Suomen säädöskokoelma 673/78
- Jätelaki. 1993. Suomen säädöskokoelma 1072/93.
- Saari, P.J. 1994. Saastuneiden maa-alueiden kunnostus. Vaasa. Insinööritö Vaasan teknillisen oppilaitoksen rakennusosastolla.
- Saastamoinen, T. 1992. Rhodococcus chlorophenolicus PCP-I – uusi vaihtoehto saastuneen maan puhdistamiseen. Ympäristö ja terveys, N:o 2-3/1992. s. 174-177.
- Salminen, L. 1992. Sahojen kloorifenolilla saastuneiden maa-ainesten kunnostaminen kompostoimalla, esimerkkejä tapauksista. Lahti. Päättötyö Hämeenlinnan teknillisen oppilaitoksen ympäristötekniikan jatkolinjalla.
- Valo, R. 1992. Saastuneiden maa-alueiden kunnostus biotekniikalla. Ympäristö ja terveys, N:o 2-3/1992. s. 139-143.
- Valo, R. & Salkinoja-Salonen, M. 1988. Biotekniikan sovellukset ympäristönsuojelussa. Kemia-Kemi, Vol. 15 (1988) 3. s. 255-259.
- Ympäristöministeriö. 1988. Santaholman saha-alueen kunnostamisen yleissuunnitelma. Ympäristöministeriön ympäristönsuojeluosaston sarja C/31/1988. Valtion painatuskeskus, Helsinki.
- Ympäristöministeriö. 1994. Saastuneet maa-alueet ja niiden käsittely Suomessa – Saastuneiden maa-alueiden selvitys- ja kunnostusprojekti; loppuraportti. Ympäristöministeriön ympäristönsuojeluosaston muistio 5/1994. Painatuskeskus Oy, Helsinki.

Kirjalliset tiedonannot, haastattelut ja lupapäätökset

- 1 Jeltsch Ulrich. Vesi- ja ympäristöhallitus, kuntatoimisto. Kirjallinen tiedonanto 10.10.1994.
- 2 Savelainen Kaija. Helsingin vesi- ja ympäristöpiiri. Kirjallinen tiedonanto 23.11.1994.
- 3 Haapanen Eeva Riitta. Lahden kaupunki, valvonta- ja ympäristökeskus. Kirjallinen tiedonanto 03.02.1995.
- 4 Savelainen Kaija. Helsingin vesi- ja ympäristöpiiri. Puhelinkeskustelu 01.02.1995.
- 5 Iivonen Sari. Orimattilan kaupunki. Kirjallinen tiedonanto 29.11.1994.
- 6 Kotilainen Riitta. Hämeenkosken kunta. Puhelinkeskustelu 01.02.1995.
- 7 Hämeen lääninhallitus. Päätös Paloheimo Oy:n Riihimäen sahan ympäristölupahakemuksesta 23.09.1994.

- 8 Wihlman Esa. Turun vesi- ja ympäristöpiiri. Kirjallinen tiedonanto 08.11.1994.
- 9 Pyötsiä Kari. Tampereen vesi- ja ympäristöpiiri. Kirjallinen tiedonanto 07.11.1994.
- 10 Penttinen Ahto. Nokian kaupunki. Kirjallinen tiedonanto 21.11.1994.
- 11 Siitari Marja-Leena. Tampereen kaupunki. Puhelinkeskustelu 15.11.1994.
- 12 Linho Päivi. Hämeenkyrön kunta. Kirjallinen tiedonanto 13.12.1994.
- 13 Kääriä Kalevi. Kymen vesi- ja ympäristöpiiri. Kirjallinen tiedonanto 31.10.1994.
- 14 Lipponen Paavo. Kaukas Oy. Puhelinkeskustelu 03.11.1994.
- 15 Waltari Lauri. Insinööritoimisto Ristola Paavo. Puhelinkeskustelu 04.11.1994.
- 16 Rouvinen Esa. Mikkelin vesi- ja ympäristöpiiri. Kirjallinen tiedonanto 29.11.1994.
- 17 Koikkalainen Sinikka. Heinolan kaupunki. Kirjallinen tiedonanto 13.12.1994.
- 18 Valo Risto. Helsingin yliopiston yleisen mikrobiologian laitos. Enso-Gutzeit Oy:n Sahanniemien alueen alustava kompostointisuunnitelma 12.03.1984.
- 19 Mikkelin lääninhallitus. Päätös Innomer Oy:n entisen Sotkan sahan jätehuoltosuunnitelmasta 19.09.1988.
- 20 Vänttinen Kaisu. Kuopion lääninhallitus. Kirjallinen tiedonanto 15.12.1994.
- 21 Korhonen Martti. Pohjois-Karjalan vesi- ja ympäristöpiiri. Kirjallinen tiedonanto 04.11.1994.
- 22 Lindroos Sirpa. Vaasan vesi- ja ympäristöpiiri. Kirjallinen tiedonanto 07.11.1994.
- 23 Vilenius Päivi. Keski-Suomen lääninhallitus. Kirjallinen tiedonanto 21.12.1994.
- 24 Huttunen Janne. Keski-Suomen vesi- ja ympäristöpiiri. Kirjallinen tiedonanto 16.11.1994.
- 25 Temmes Armi. Metsä-Serla Oy. Kirjallinen tiedonanto 21.11.1994.
- 26 Rantahalme Matti. SOK Kiinteistötoiminnot. Kirjallinen tiedonanto 28.11.1994.
- 27 Rantahalme Matti. SOK Kiinteistötoiminnot. Kirjallinen tiedonanto 30.01.1995.
- 28 Vaasan lääninhallitus. Kaustisen saha-alueen ongelmajätteen käsittelylupapäätös 11.01.1991.
- 29 Valo Risto. Alko Biotekniikka. Kirjallinen selvitys Kaustisen sahan kloorifenolipitoisen maan kompostoinnista. Rajamäki 10.06.1991.
- 30 Kaakinen Juhani. Oulun lääninhallitus. Kirjallinen tiedonanto 01.12.1994.
- 31 Jaako Mikko. Oulun vesi- ja ympäristöpiiri. Kirjallinen tiedonanto 07.12.1994.

- 32 Haataja Ilkka. Vihannin kunta. Puhelinkeskustelu 02.02.1995.
- 33 Kovalainen Heikki. Kainuun vesi- ja ympäristöpiiri. Kirjallinen tiedonanto 18.11.1994.
- 34 Huilaja Eira. Lapin vesi- ja ympäristöpiiri. Kirjallinen tiedonanto 15.11.1994.

LIITE 1. VESI- JA YMPÄRISTÖPIIREIHIN LÄHETETTY KYSELYLOMAKE**TIEDOT KUNNOSTETUSTA KOHTEESTA****0. Hanketiedot**

Kunnostuskohteen nimi _____

Kunnostusmääräyksen antaja _____
(vesioikeus, lääninhallitus, ympäristöltk)

Hankkeen kustannukset _____

Kustannusten jako _____

1. Kompostointi

Kompostointi aloitettu ____ / ____ ____

Saastuneen maa-aineksen määrä ____ m³ ja/tai kompostimassan kokonaismäärä ____ m³

Käytetyt seosaineet, ravinteet ja bakteeriympit (sekä niiden määrät)

Mitatut lähtöpitoisuudet kloorifenolit _____ mg/kg

dioksiinit, furaanit ym. _____ mg/kg

Seurannassa havaitut pitoisuusmuutokset kompostoinnin aikana

Kloorifenolit _____

Veratrolit,
anisolit ym. _____

Dioksiinit,
furaanit ym. _____

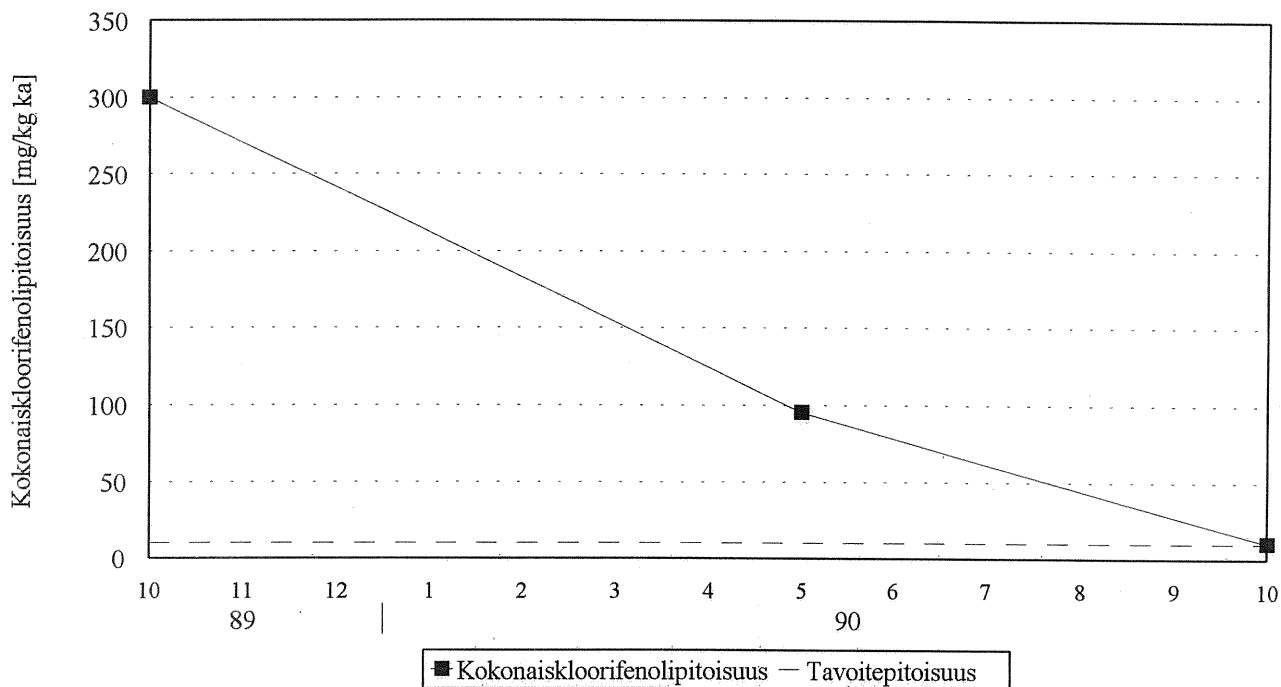
2. Muu käsittely

Käsitellyn maa-aineksen määrä ____ m³

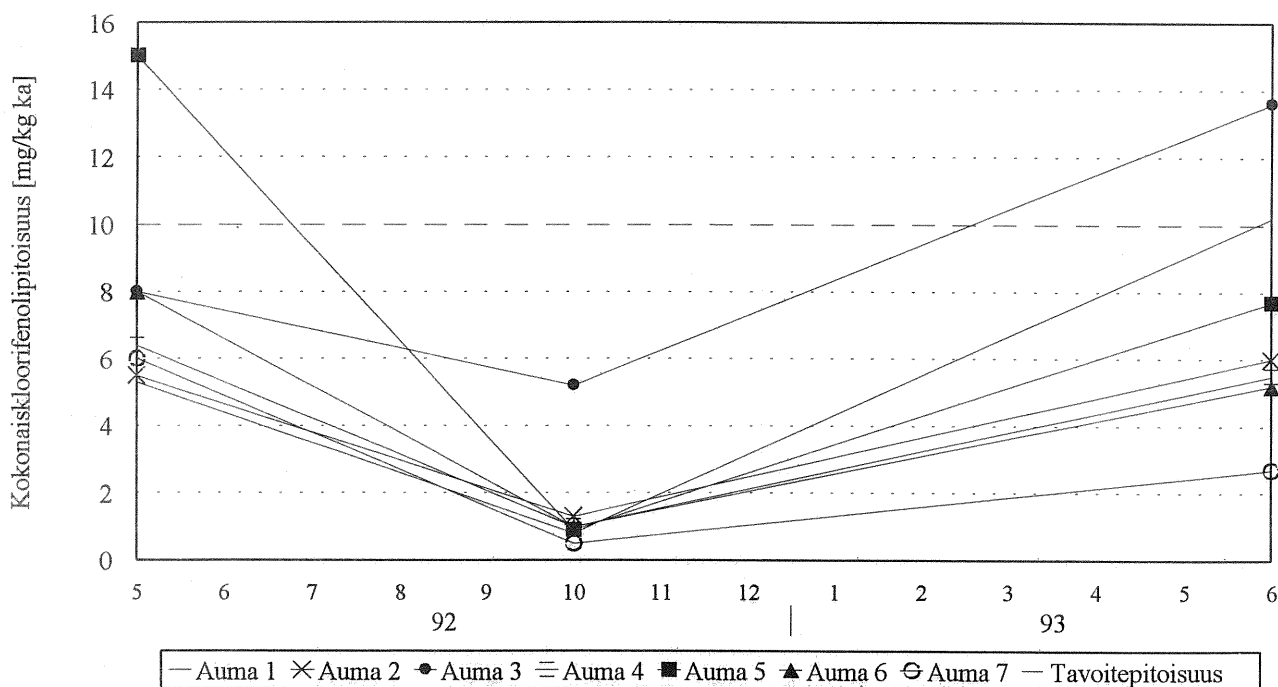
Käsittelymenetelmä _____

Käsittelyajankohta ____ / ____ ____

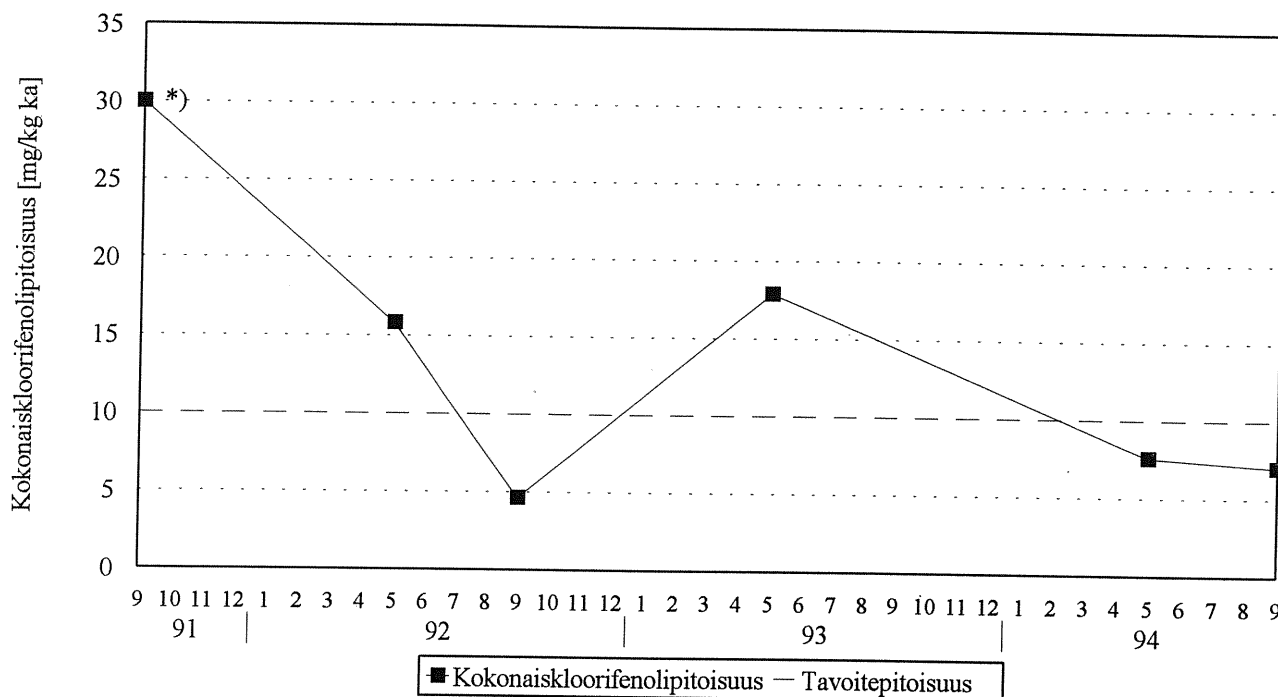
Mahdollisia lisätietoja kohteesta

LIITE 2. KLOORIFENOLIEN PITOISUUSSEURANTA:**Ympäämättömät kompostit**

Vapo Oy:n Röykän saha, Nurmijärvi. Kompostin sisältämän saastuneen maa-aineksen määrä 120 m³. Kompostointi on edennyt hetkellisesti kohonneesta anisolipitoisuudesta huolimatta tasaisesti ja tavoitepitoisuus on saavutettu jo vuoden kompostoinnin jälkeen.

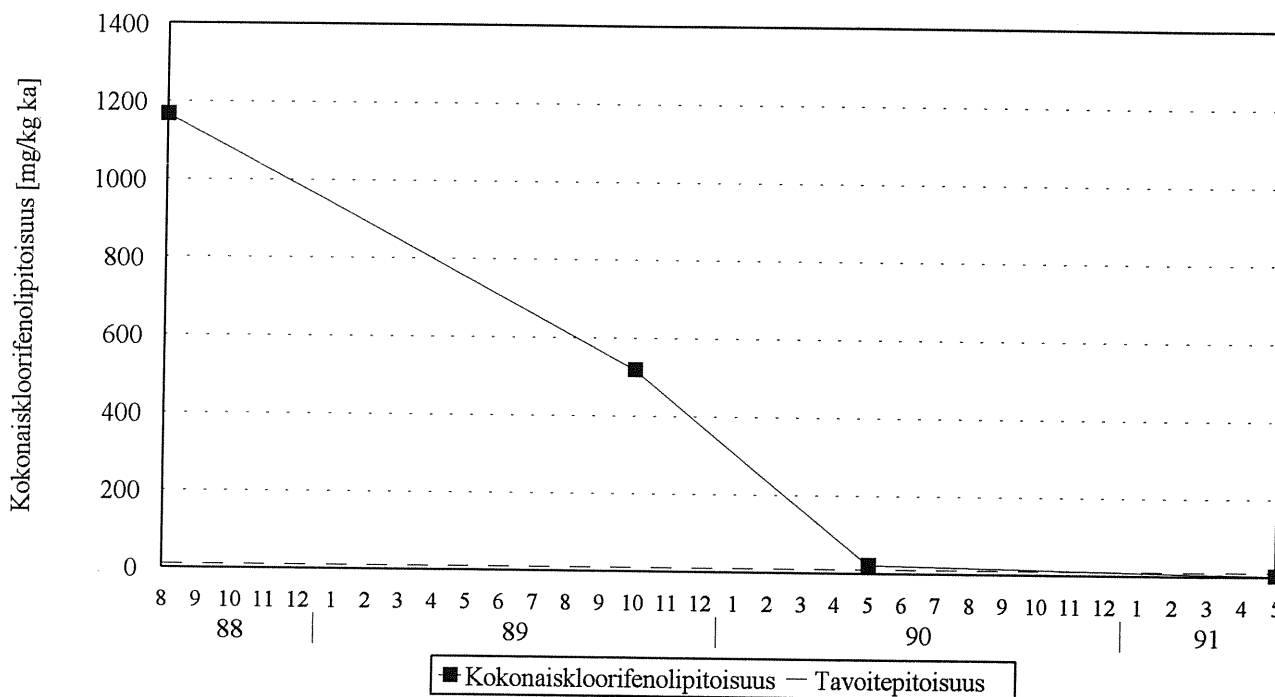


Sotka Oy Hämeenlinnan saha. Kompostin sisältämän saastuneen maa-aineksen määrä 4000 m³. Lokakuussa -92 otettujen näytteiden otto tai analysointi on epäonnistunut. Aumojen lähtöpitoisuudet ovat olleet hyvin alhaisia eikä kompostointi ole edennyt toivotulla tavalla.

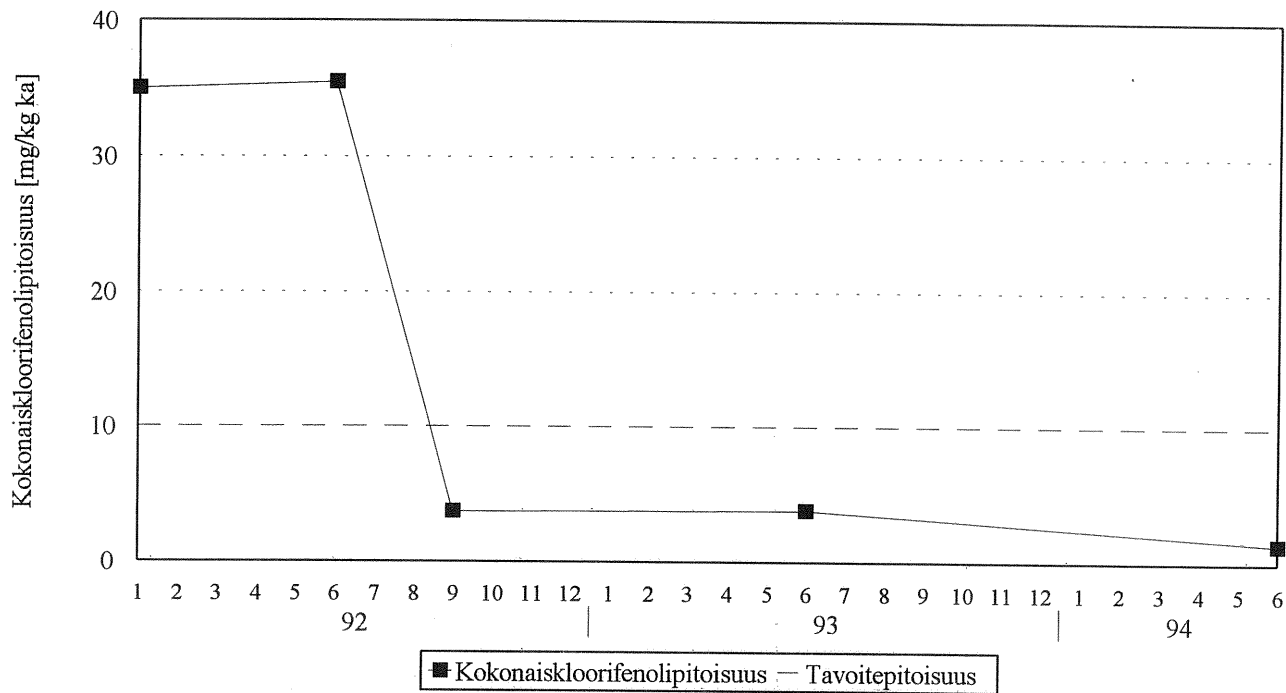


*) Lähtöpitoisuus laskennallinen

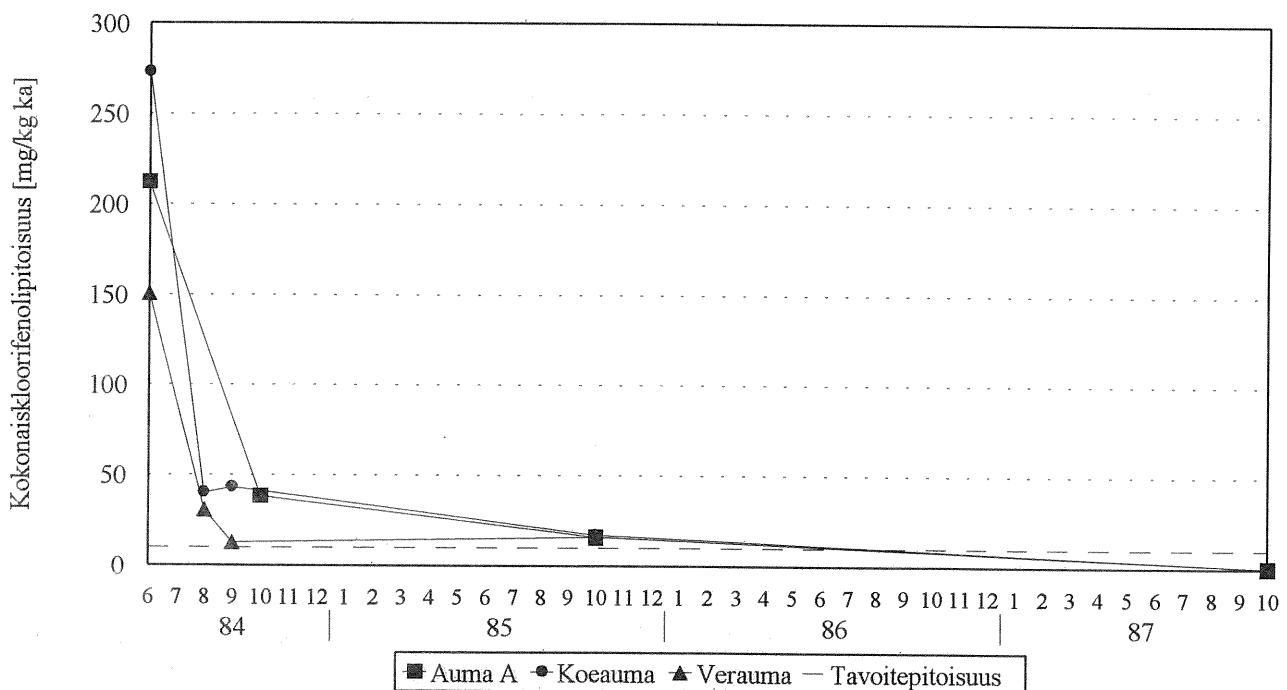
Koskisen Oy Pakaan saha, Orimattila. Kompostin sisältämän saastuneen maa-aineksen määrä 200 m³. Kloorifenolien lähtöpitoisuus on ollut matala. Kompostointi on edennyt hyvin hitaasti. Tavoitepitoisuuteen pääseminen on vaatinut lähes kolmen vuoden kompostoinnin.



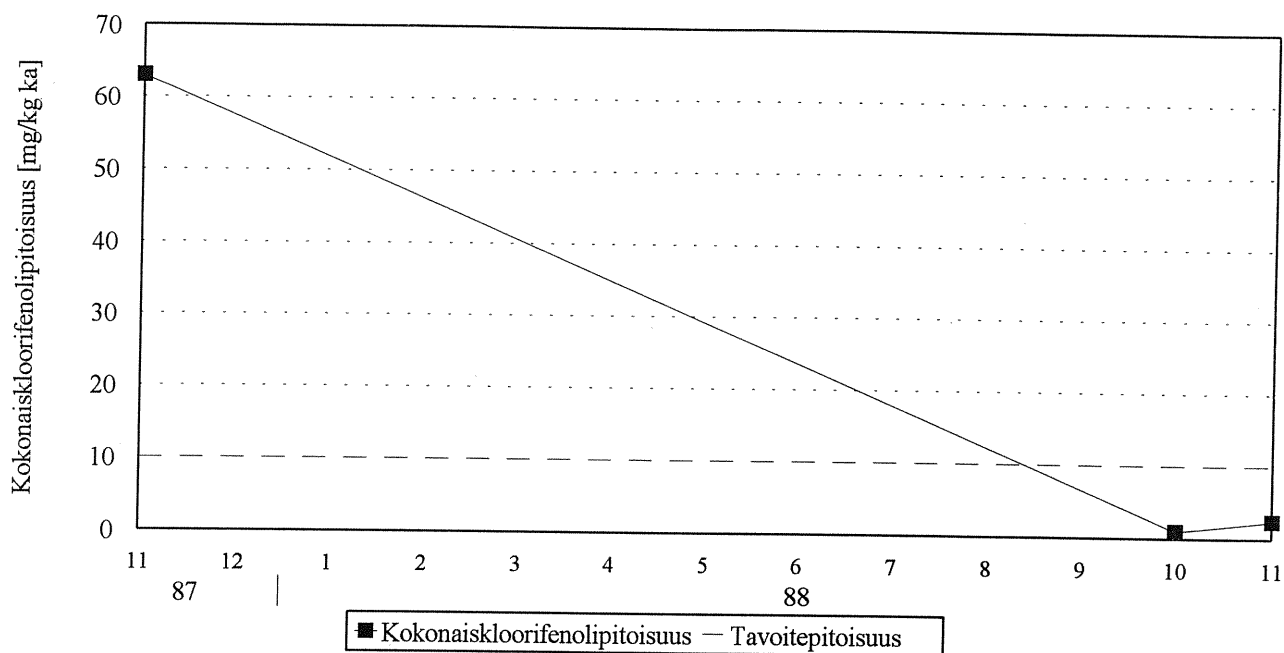
Inkeröisten saha, Anjalankoski. Kompostin sisältämän saastuneen maa-aineksen määrä 520 m³. Lähtöpitoisuus on ollut korkea, mutta kompostoituminen on tapahtunut varsinkin alussa nopeasti. Vähemmän on hidastunut lopussa ja tavoitepitoisuus on saavutettu vajaan kolmen vuoden kompostoinnin jälkeen.



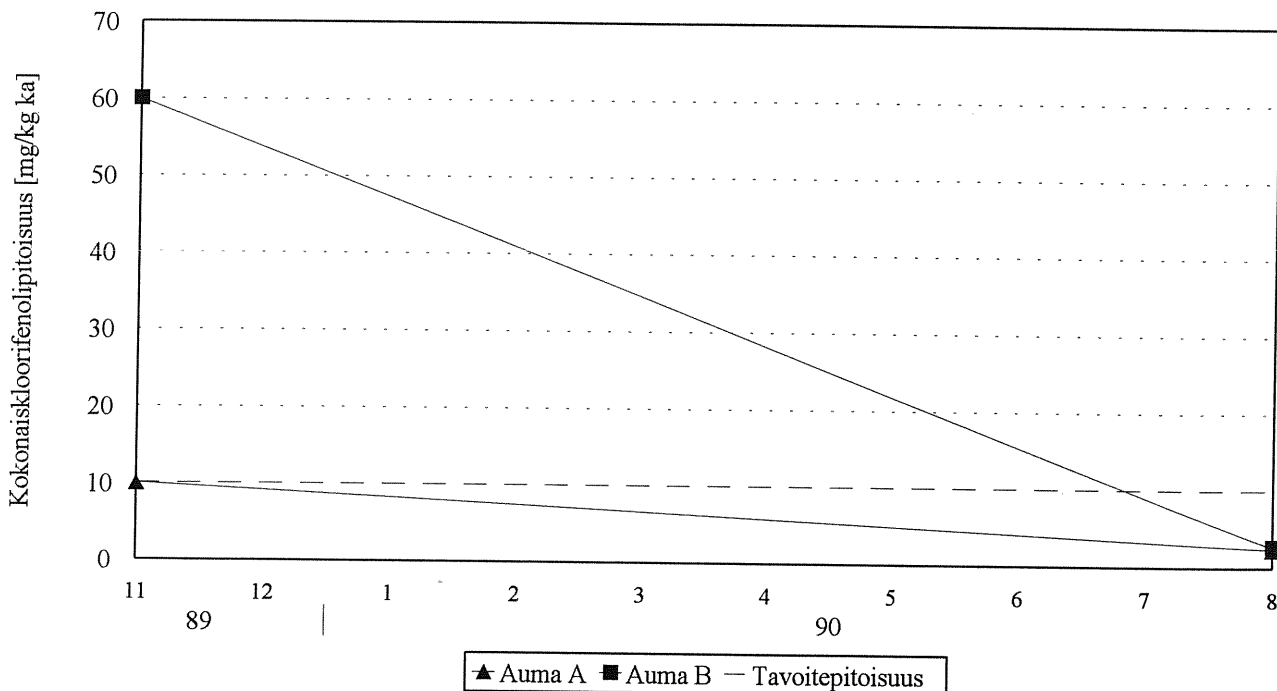
Myllykoski Oy Kausalan saha, Iitti. Kompostin sisältämän saastuneen maa-aineksen määrä 4660 m³. Kompostoinnissa saavutettiin yhden kesän (1992) aikana tavoitepitoisuus. Kompostointia ja tarkkailua on kuitenkin edelleen jatkettu.



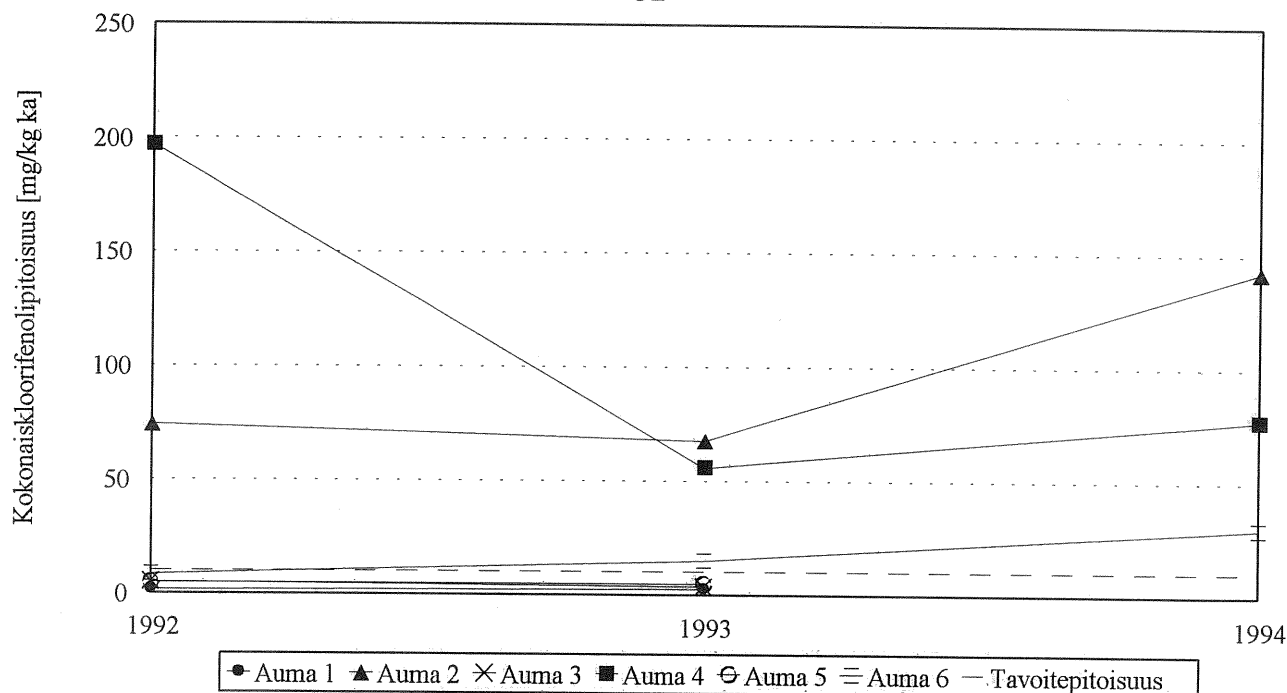
Enso-Gutzeit Oy:n Heinolan tehtaiden saha, Sahaniemen alue, Heinola. Ensimmäinen kompostointihanke. Aumojen sisältämän saastuneen maa-aineksen kokonaismäärä 30 m³. Koeaumaan ympättiin Rhodococcus-bakteeria, muut aumat olivat ympäpäämättömiä. Kaikkien aumojen pitoisuudet laskivat ensimmäisenä kesänä alle 50 mg/kg ka. Tavoitepitoisuus saavutettiin kuitenkin vasta noin kahden vuoden kompostoinnin jälkeen.



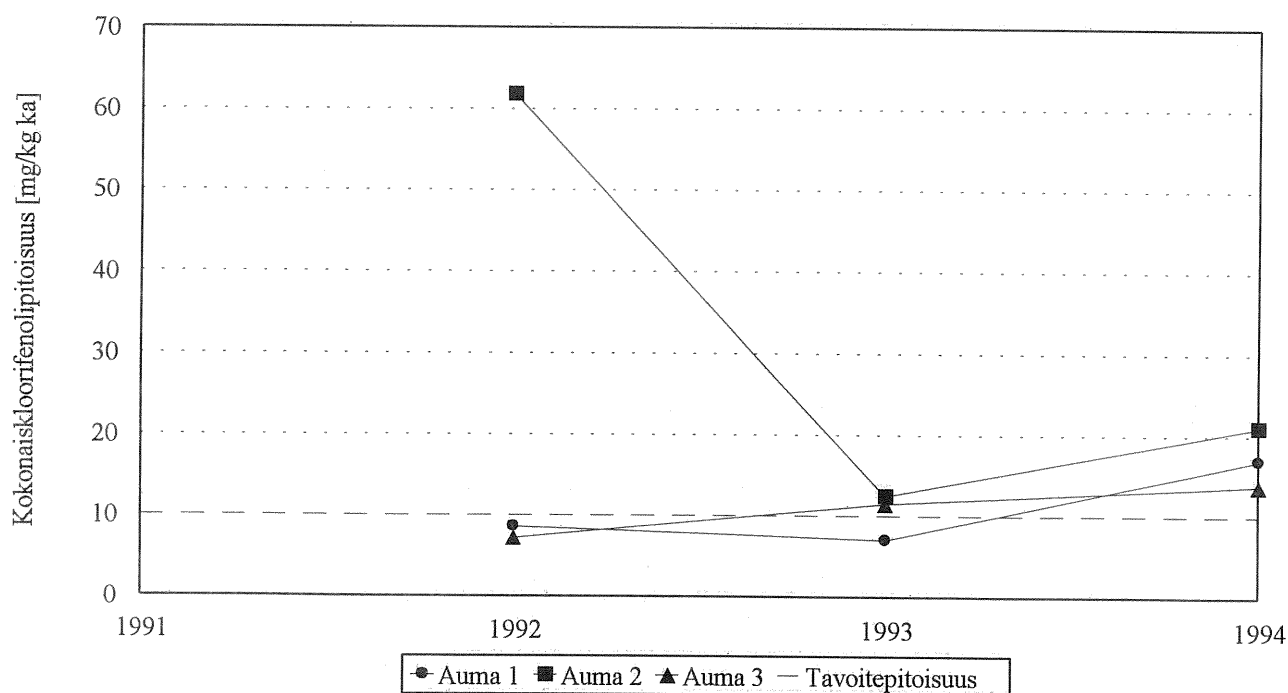
Helsingin kaupungin puutavarakeskus. Kompostin sisältämän saastuneen maa-aineksen määrä 60 m³. Kompostointi on edennyt hyvin ja tavoitepitoisuus saavutettiin noin vuoden kompostoinnin jälkeen.



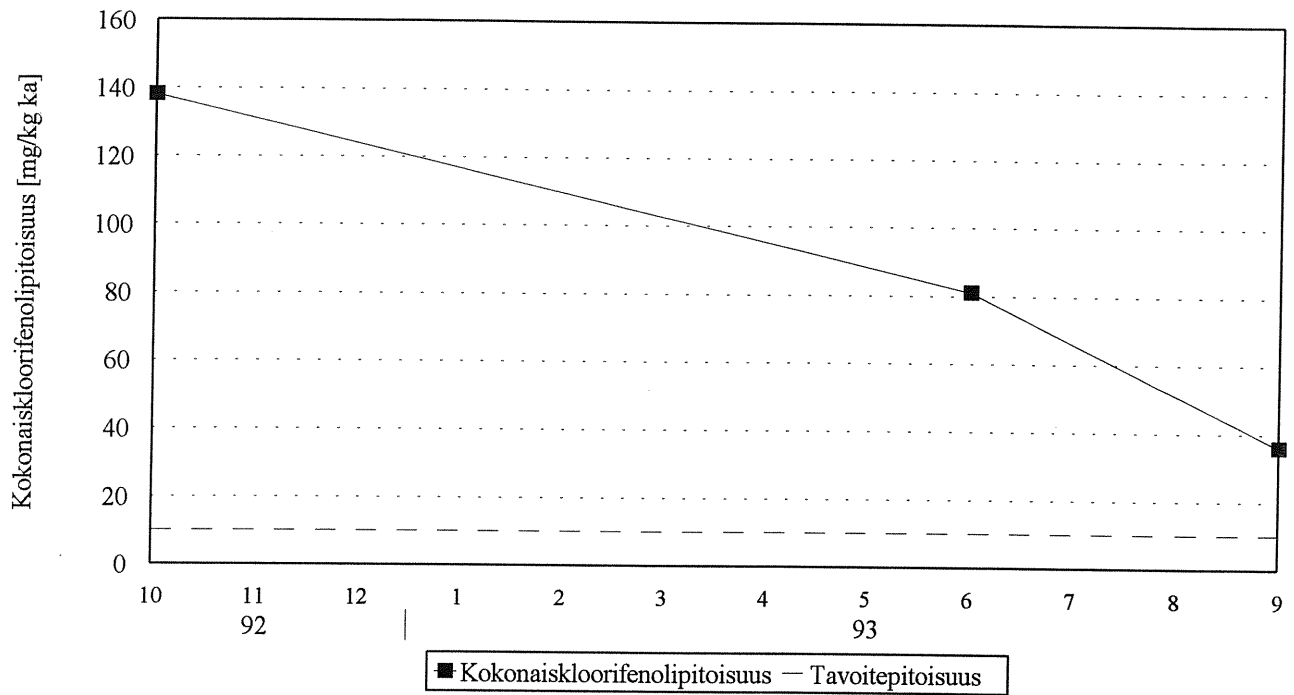
Innomer Oy, Mikkelin mlk. Aumojen sisältämän saastuneen maa-aineksen kokonaismäärä 700 m³. Auman A pitoisuus oli jo seosaineiden lisäämisen jälkeen alle 10 mg/kg ka. Auman B pitoisuus saavutti tavoitetasoa vajaan vuoden kompostoinnin jälkeen.



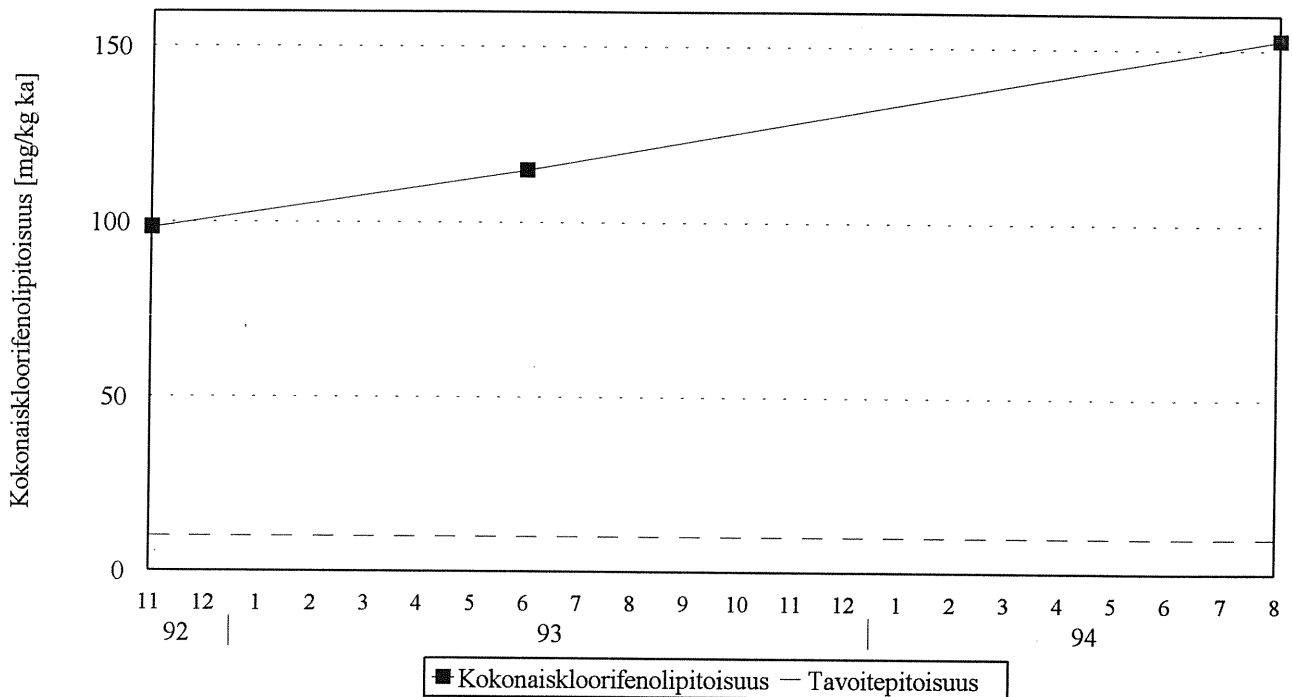
Metsä-Serla Oy:n Ylä-Savon saha, Luuniemi, Iisalmi. Aumojen sisältämän saastuneen maa-aineksen kokonaismäärä 450 m³. Kompostointi on aloitettu elokuussa 1991, eikä lähtöpitoisuuksia ole tiedossa. Aumojen 1, 3 ja 5 kloorifenolipitoisuudet ovat olleet tavoitetason alapuolella jo ensimmäisten seurantatulosten perusteella ja aumat onkin purettu vuonna 1993. Näytteiden otossa on muiden aumojen osalta ollut selvästi ongelmia. On myös oletettavaa, ettei kompostointi ole edennyt toivotulla tavalla.



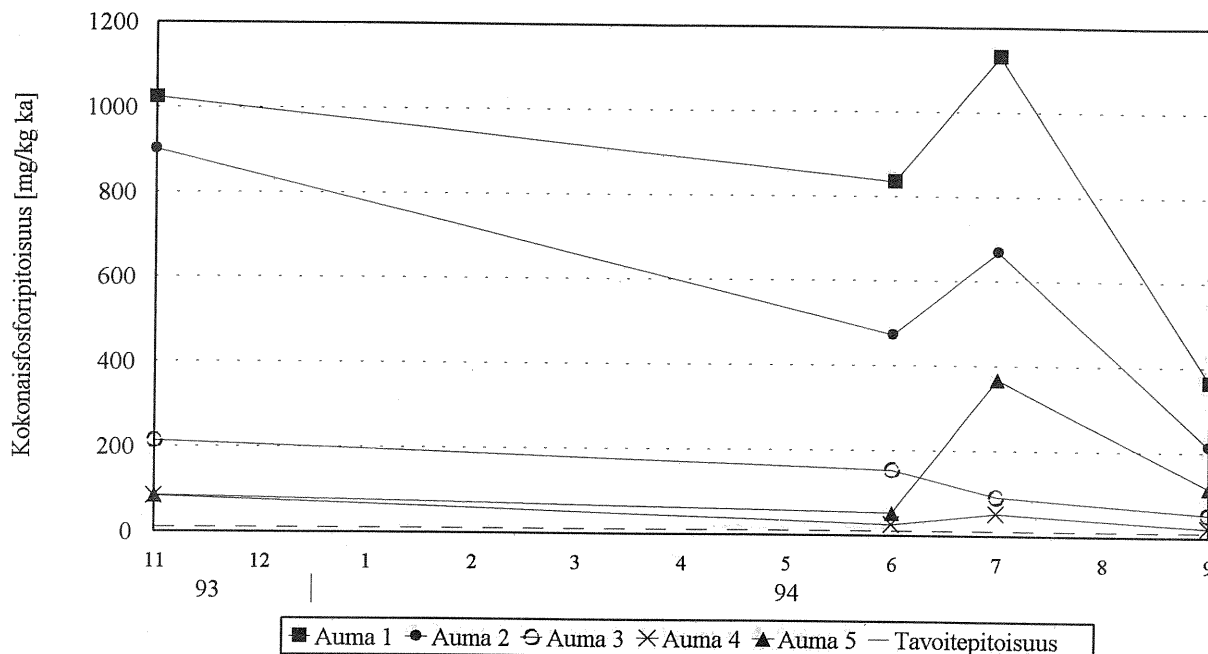
Iisalmen Sahat Oy, Peltosalmi, Iisalmi. Aumojen sisältämän saastuneen maa-aineksen kokonaismäärä 200 m³. Aumojen lähtöpitoisuudet eivät ole tiedossa. Pitoisuuskehityksessä on näytteenoton tai analytiikan takia selkeitä ristiriitoja. Kompostoinnin etenemistä on täten vaikea arvioida.



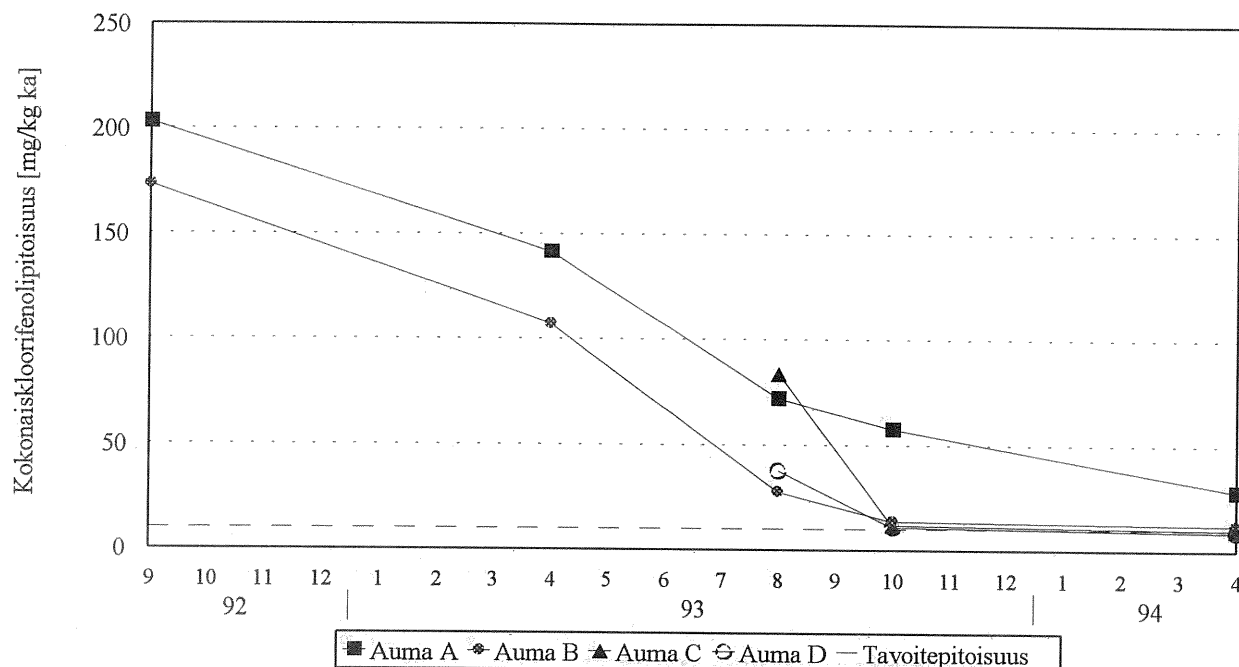
Olkkolan saha, Jämsä. Kompostoidun maa-aineksen kokonaismäärä 1000 m³. Kompostointi on edennyt ensimmäisen kompostointivuoden aikana keskimääräistä hitaammin. Osasyynä tähän saattaa olla poistetun maa-aineksen korkea kloorianisoli- ja -veratrolipitoisuus.



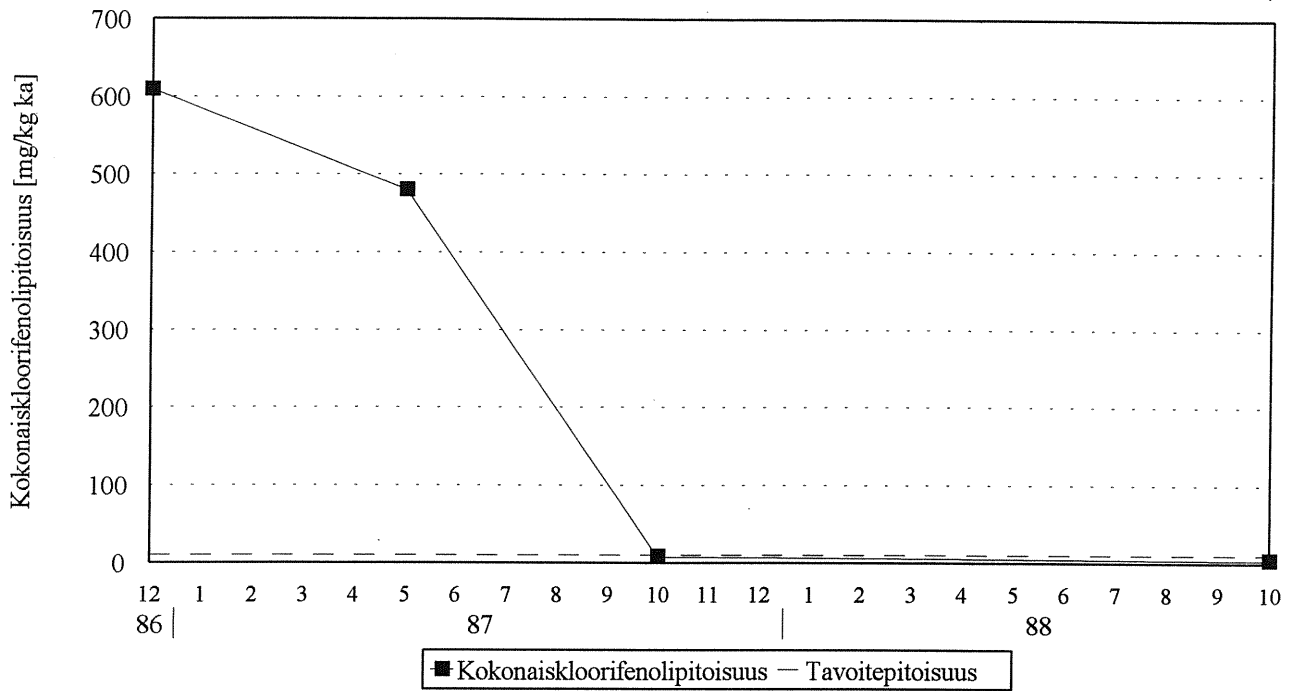
Metsä-Serla Oy:n Riihivuoren saha, Suolahti. Kompostoidun maa-aineksen kokonaismäärä 370 m³. Tyypiesimerkki ristiriitaisista kloorifenolimäärityksistä. Syynä lienee epäonnistunut näytteenotto. Kompostoinnin etenemisen arviointi on seurantalulosten perusteella vaikeaa, mutta se lienee edennyt huonosti.

LIITE 3. KLOORIFENOLIN PITOISUUSSEURANTA: Ympätyt kompostit

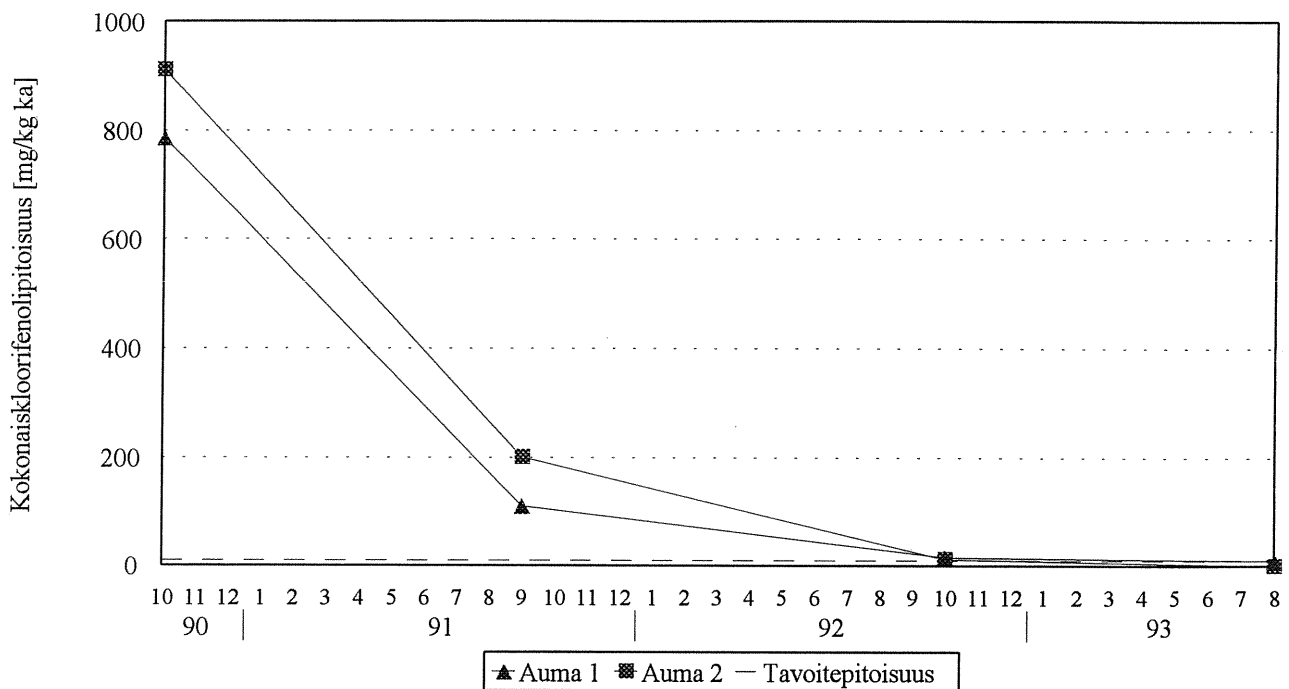
Oy Kyro Wood Ltd:n saha, Hämeenkyrö. Kompostiaumojen sisältämän saastuneen maa-aineksen kokonaismäärä 2700 m³. Vuoden kompostoinnin jälkeen on saavutettu noin 60 % reduktio. Kesä- ja heinäkuun -94 tulosten ristiriitaisuus johtunee analytiikasta tai epäonnistuneesta näytteenotosta.



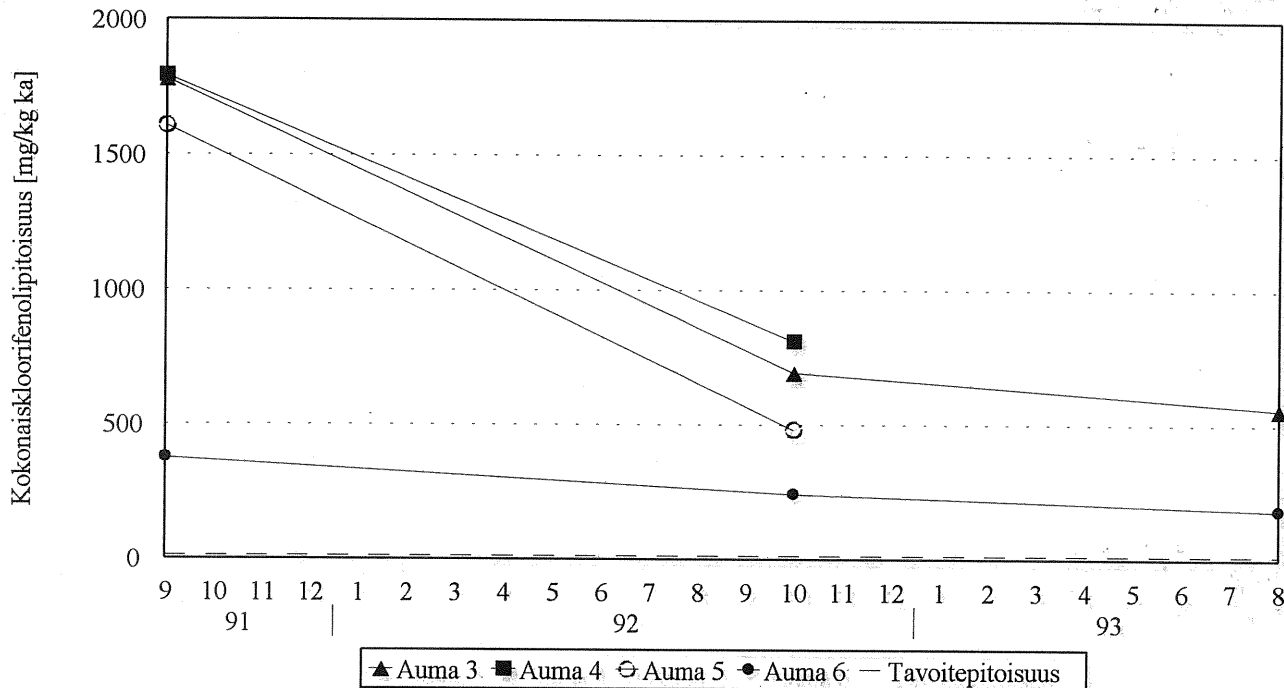
Rauma-Repola Oy, Lahti. Kompostiaumojen sisältämän saastuneen maa-aineksen kokonaismäärä 4800 m³. Kompostin ympäristö on käytetty valkohomesientä. Kompostointi on edennyt hyvin. Aumaa A lukuunottamatta kaikissa yksiköissä on päästy nopeasti lähelle tavoitepitoisuutta.



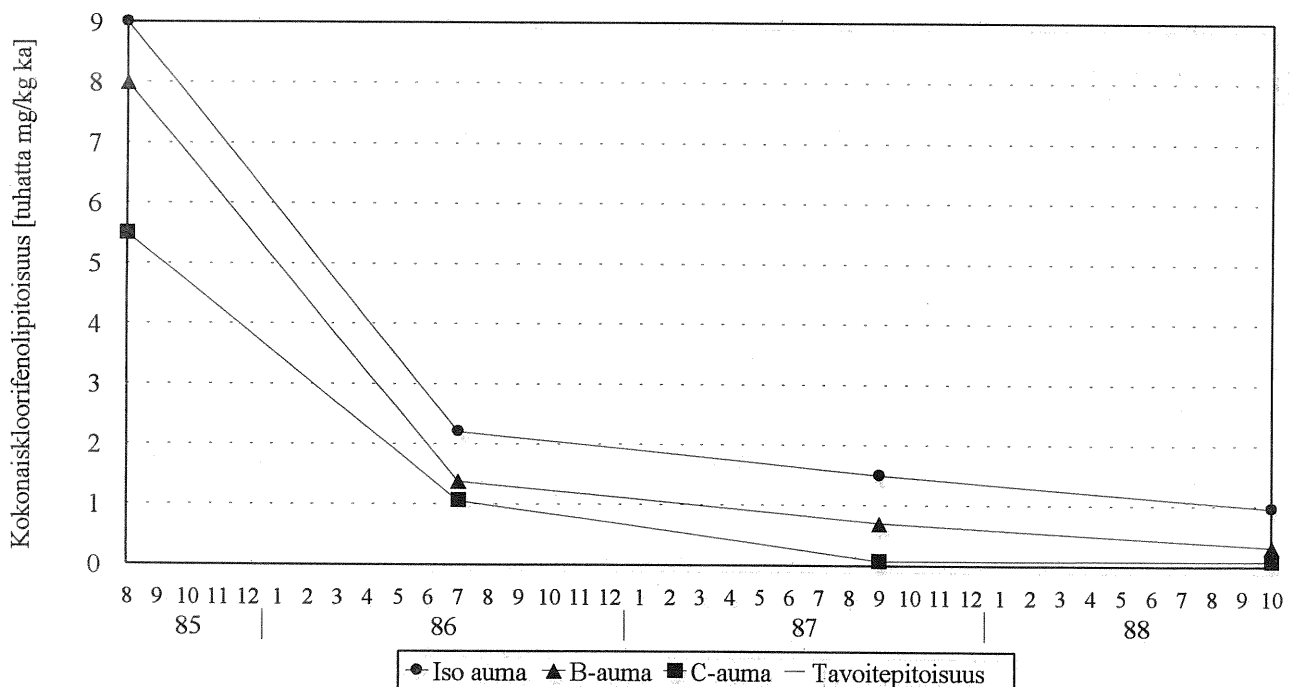
Kaukas Oy:n Huhmarniemen saha, Lappeenranta. Kompostoidun maamassan kokonaismäärä 300 m³. Kompostointi on onnistunut moitteettomasti ja tavoitepitoisuus on saavutettu noin vuoden kuluttua.



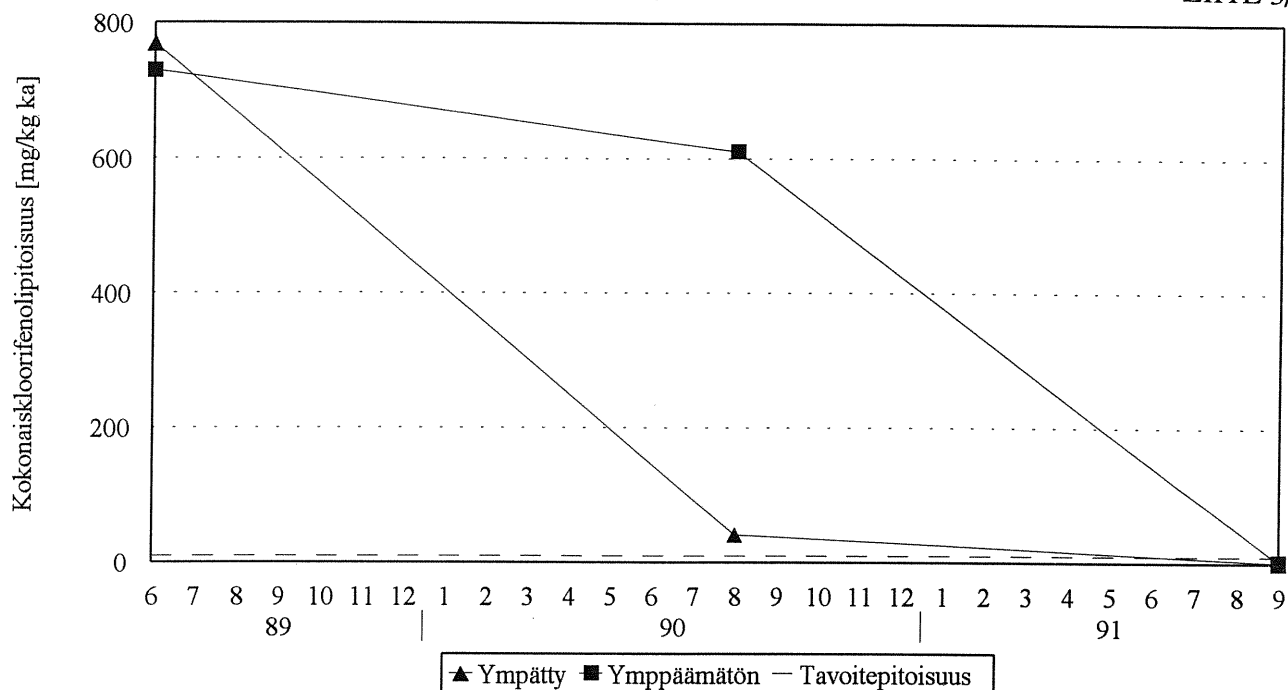
Botnia Wood Oy entinen Säntin saha, Teuva. Aumoissa käsiteltävän saastuneen maa-aineksen kokonaismäärä 346 m³. Kompostointi on edistynyt ensimmäisenä vuonna varsin hyvin. Toisena vuonna kloorifenolivähenemä on hidastunut, mutta tavoitetaso on kuitenkin saavutettu kahden vuoden käsittelyn jälkeen.



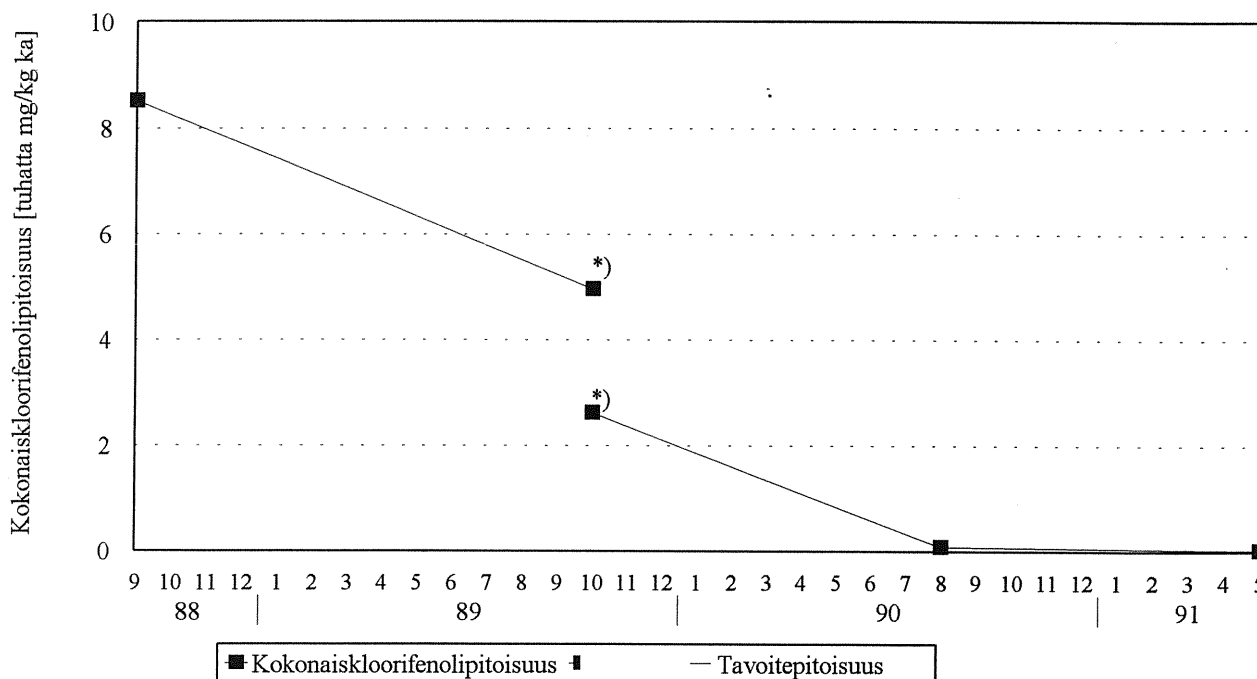
Botnia Wood Oy Bölen saha, Närpiö. Aumoissa käsitellyn maa-aineksen kokonaismäärä 550 m³. Aumat 4 ja 5 yhdistettiin lokakuussa -92 Säntin sahan maamassoista koottuun auma 2:een (liite 3/2). Auman 3 toiminta on hidastunut ensimmäisen kompostointivuoden jälkeen. Auma 6, joka koostuu jatkokompostoidusta maasta on edennyt koko ajan hitaasti. Tavoitepitoisuuden saavuttaminen kestää nykyisellä vähenemätasolla vielä useita vuosia, joten sopivat elvytystoimenpiteet lienevät tarpeen.



Pohjan saha Oy (Toras Oy), Jyväskylän mlk. Kompostointivaihe 1. Saastuneen maa-aineksen kokonaismäärä 300 m³. Sekä ympäjämatön iso auma, että ympätyt B- ja C-aumat toimivat suuresta lähtöpitoisuudesta huolimatta ensimmäisenä kompostointivuonna hyvin, mutta tämän jälkeen prosessi hidastui. Kesällä -89 suoritettiin hoitotoimenpiteitä ja yhdistettiin kompostit kahteen aumaan, ympätyyn ja ympäjämatömaan (kompostointivaihe 2; liite 3/4).

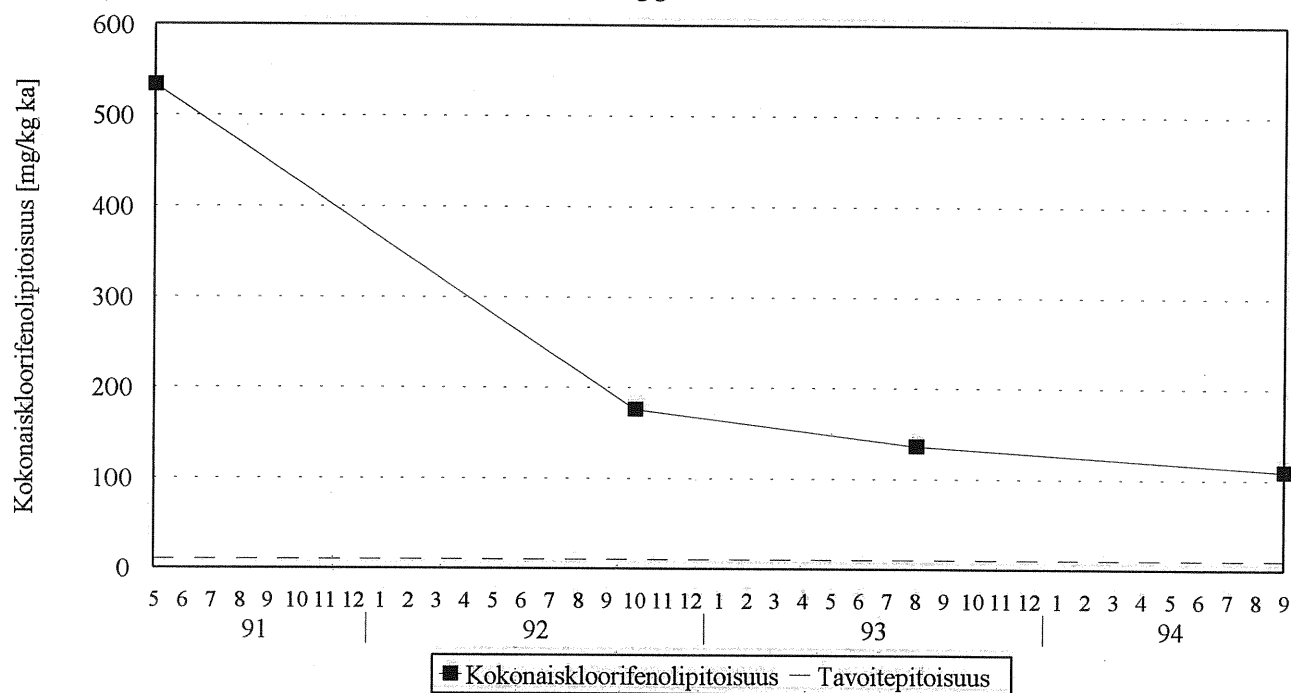


Pohjan saha Oy (Toras Oy), Jyväskylän mlk. Kompostointivaihe 2. Saastuneen maa-aineksen yhteismäärä 300 m³. Ympätyn kompostin toiminta on ollut ensimmäisen vuoden aikana huomattavasti ympppäämätöntä nopeampaa. Noin kahden vuoden kompostoinnin jälkeen aumat kuitenkin saavuttivat tavoitepitoisuuden suunnilleen samanaikaisesti.

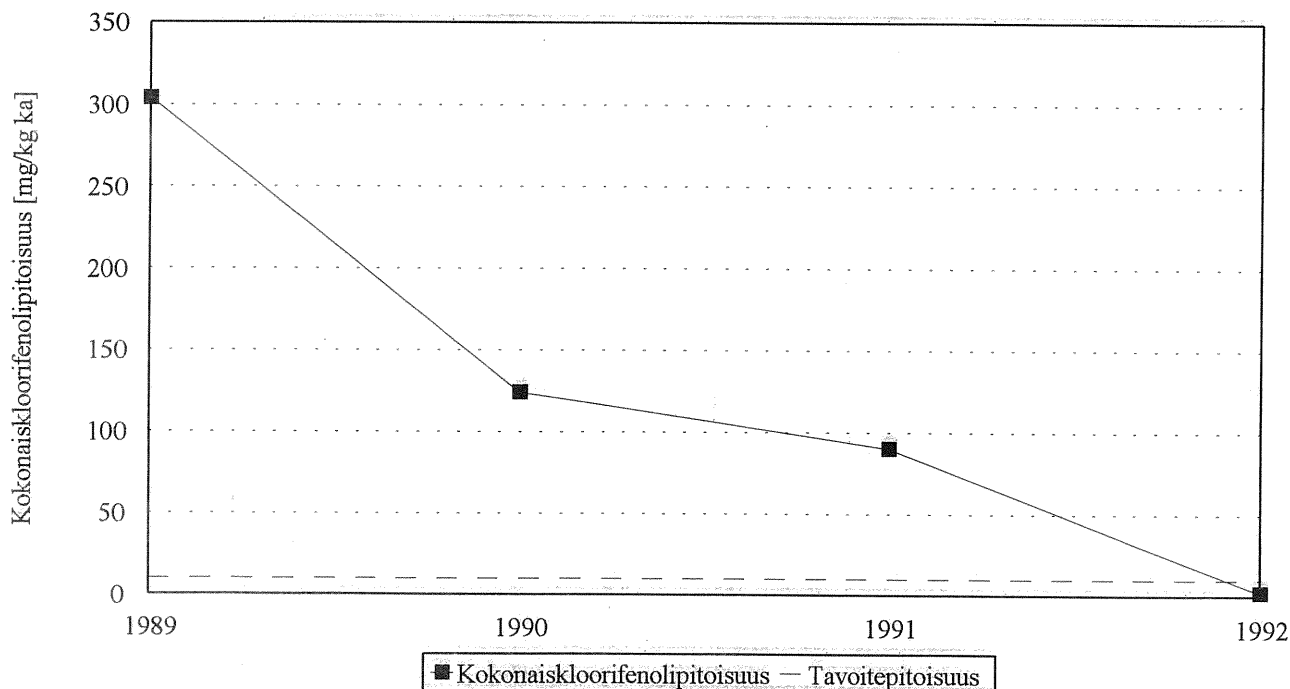


*) Lokakuussa 1989 otettu näytteet ennen lisämaan kompostointia ja sen jälkeen

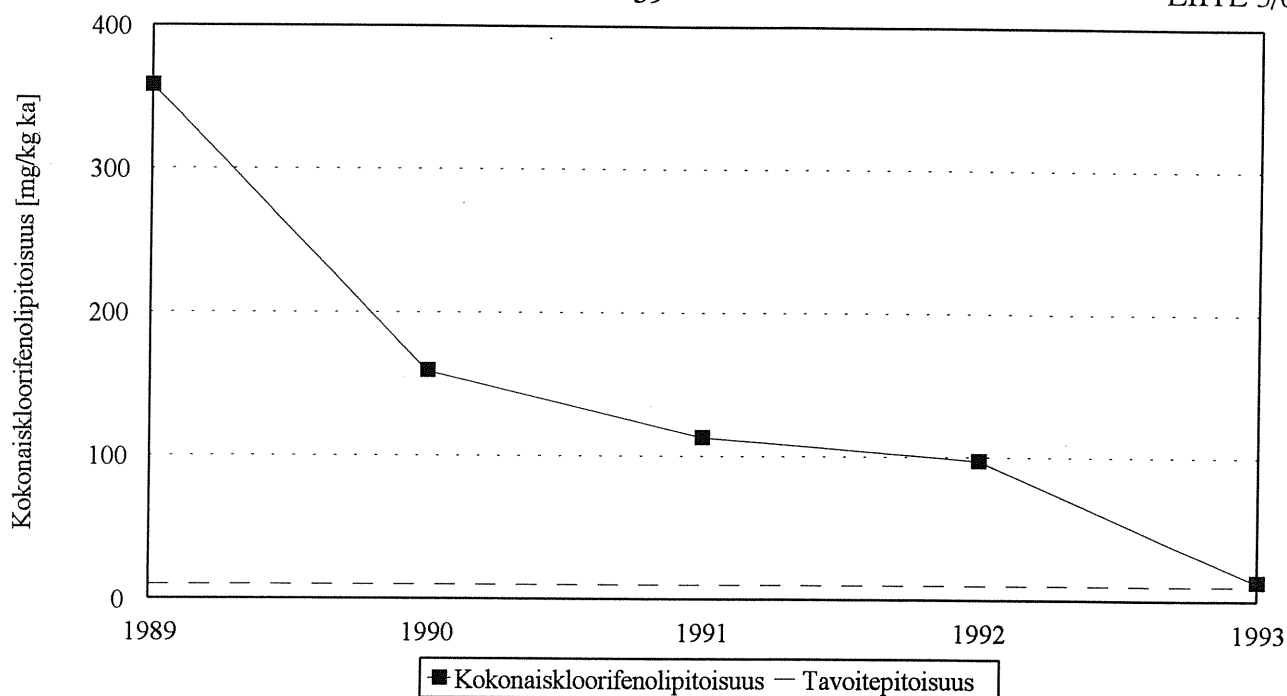
Rautaura Oy:n entinen Laitisen saha, Laukaa. Saastuneen maa-aineksen määrä alussa 50 m³. Lokakuussa -89 on seokseen lisätty vielä 20 m³ saastunutta maata. Ensimmäisen vuoden reduktio on alle 50%. Komposti on toiminut lisämaan kompostointia seuranneena vuonna tehokkaasti, mutta tavoitepitoisuutta ei ole saavutettu vielä vajaan kolmen vuoden käsittelyn jälkeen.



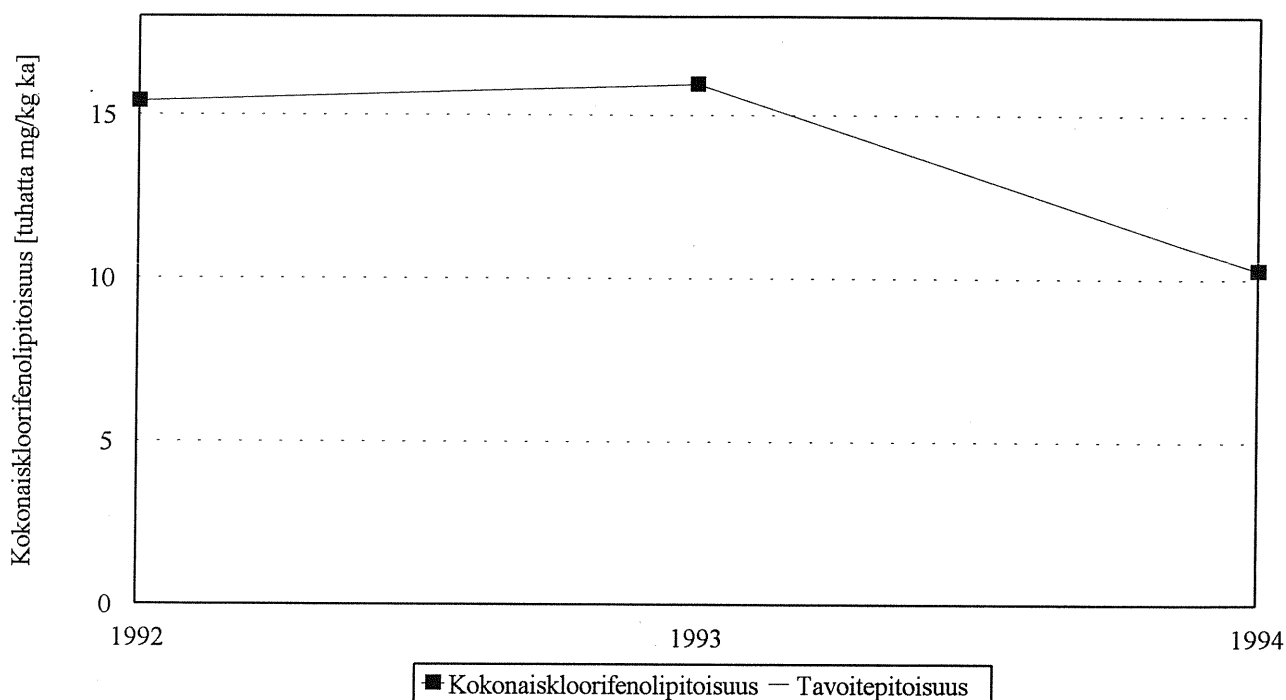
Kaustisen saha-alue, Kaustinen. Kompostoidun maa-aineksen kokonaismäärä 80 m³. Kloorifenolipitoisuus on alentunut ensimmäisenä vuonna odotetusti, mutta tämän jälkeen prosessi on hidastunut. Tavoitepitoisuuden saavuttamiseen kuluu nykyisellä nopeudella vielä useita vuosia, joten kompostin elvytystoimenpiteitä tulee harkita tehtäväksi mahdollisimman pian.



Santaholman saha, Haukipudas. Kompostoidun maa-aineksen kokonaismäärä 216 m³. Kompostointi on edennyt keskimääräistä hitaammin. Tavoitepitoisuus on saavutettu kuitenkin noin kolmen vuoden kompostoinnin jälkeen.

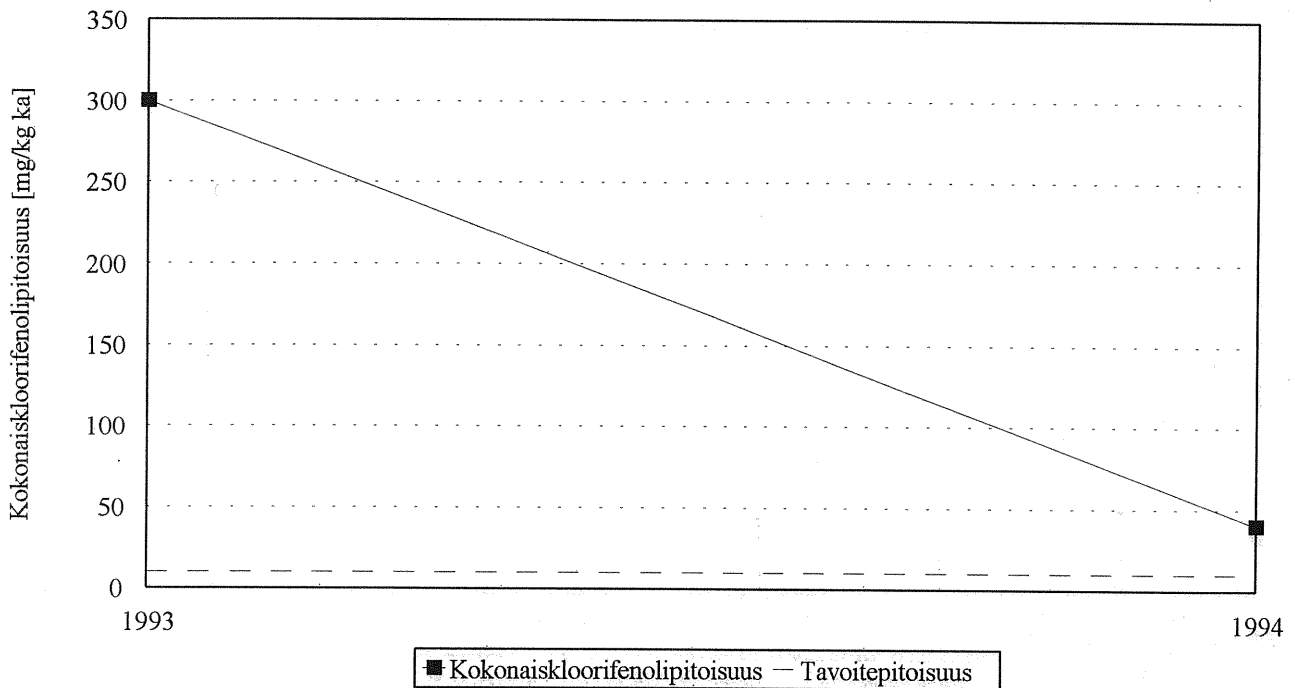


Jounilan saha, Oulainen. Kompostoidun maa-aineksen määrä 50 m³. Kompostointi on edistynyt ensimmäisen vuoden aikana kohtuullisen hyvin, mutta pysähtynyt sen jälkeen kahdeksi vuodeksi lähes paikalleen. Tavoitepitoisuus saavutettiin ja kompostointi lopetettiin vuonna 1994 viiden vuoden jälkeen.

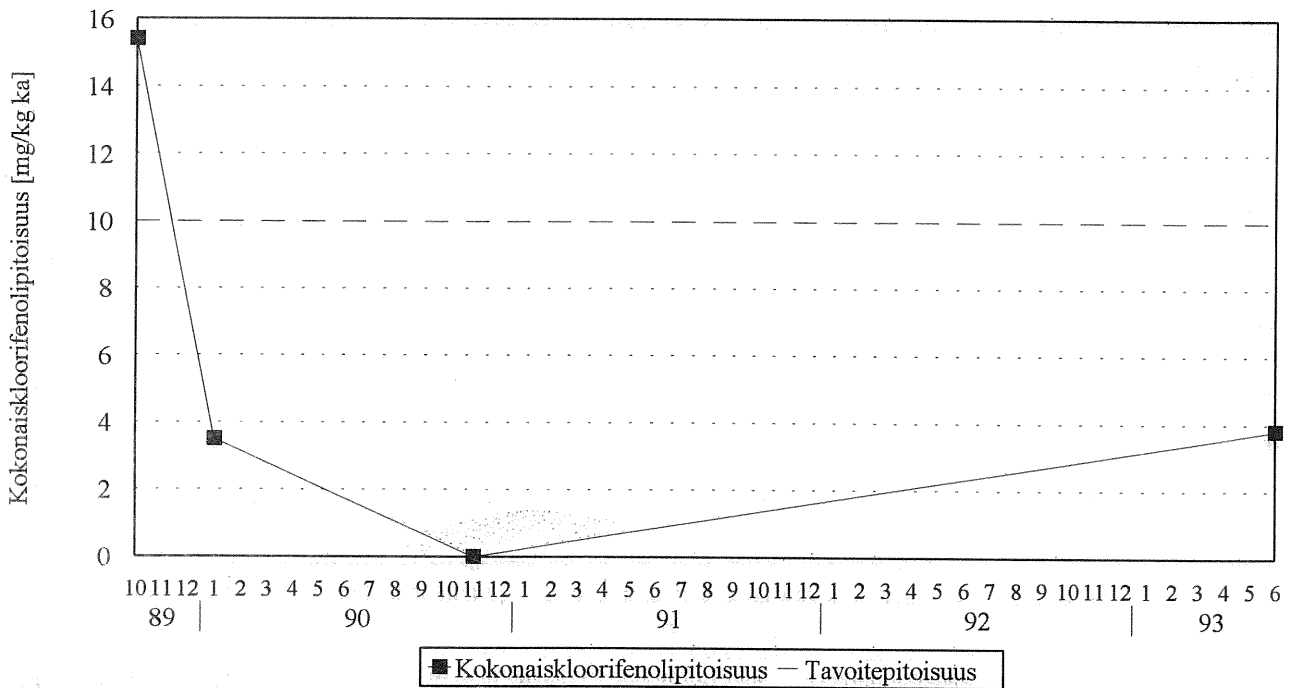


Kursun puu Oy:n saha, Salla. Kompostoidun maa-aineksen kokonaismäärä 300 m³. Kompostointi on käynnistynyt hyvin hitaasti ja kahden vuoden kompostoinnin jälkeen on saavutettu vasta noin 30%:n reduktio. Kompostin lähtöpitoisuus on ollut erittäin suuri ja kompostissa on tapahtunut kloorianisoliin ja -veratrolin pitoisuuksista päätellen metyloitumisreaktioita. Kompostien, joiden lähtöpitoisuus on näin korkea, perustamista tulee välttää.

LIITE 4. KLOORIFENOLIEN PITOISUUSSEURANTA: Vanhalla kompostimassalla ympätyt aumat

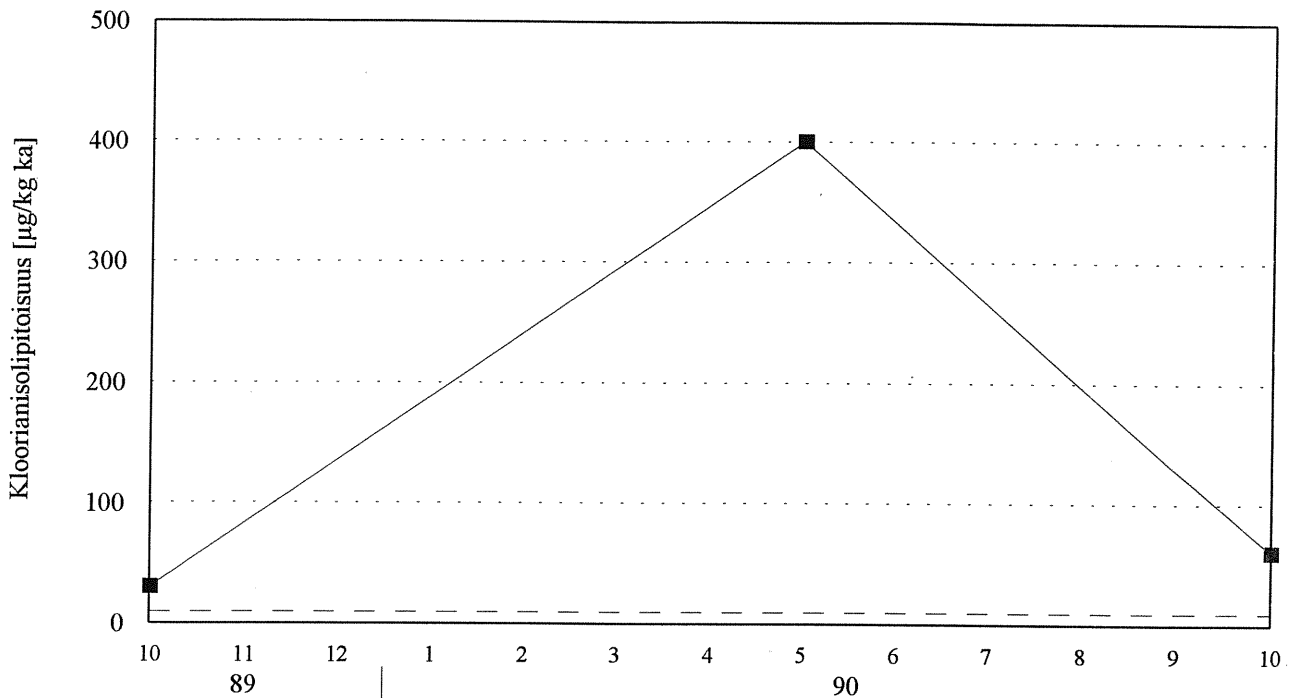


Saharanta, Parikkala. Kompostoidun maa-aineksen kokonaismäärä 1000 m³. Ympäinä 400 m³ vanhaa kompostimassaa. Kompostointi on edistynyt varsin hyvin. Reduktio on ollut ensimmäisen vuoden aikana lähes 90%.

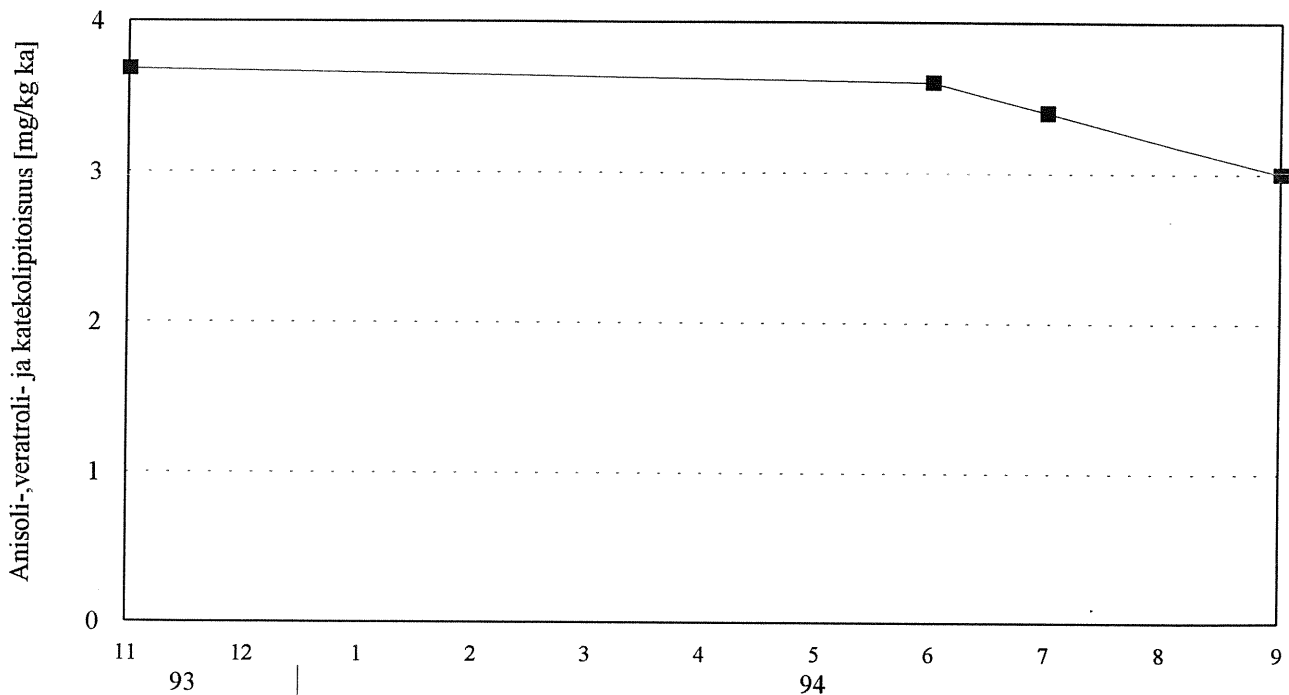


Kaukas Oy:n Pikisaaren saha, Lappeenranta. Kompostoidun maa-aineksen kokonaismäärä 700 m³. Tavoitepitoisuus on kompostoinnissa saavutettu jo kahden kuukauden kompostoinnin jälkeen, mutta kompostin jälkiseurantaa on vielä jatkettu.

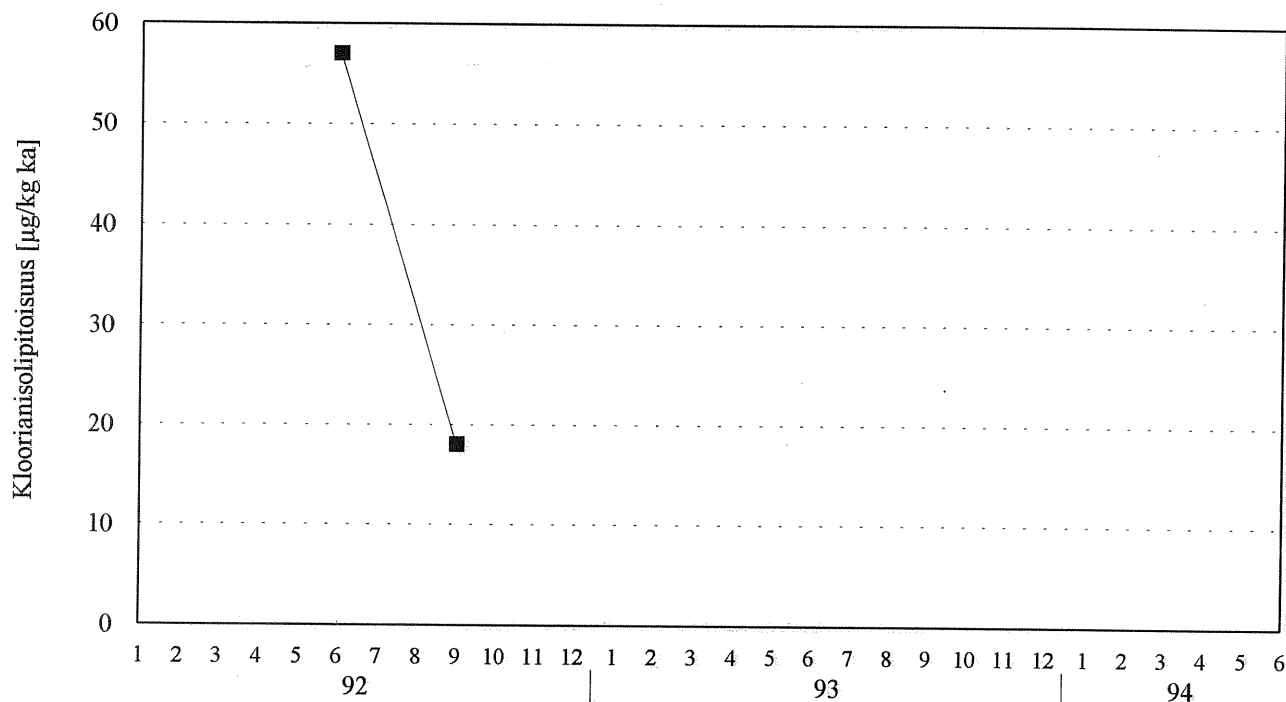
LIITE 5. METYLOITUMISTUOTTEIDEN PITOISUUSSEURANTA



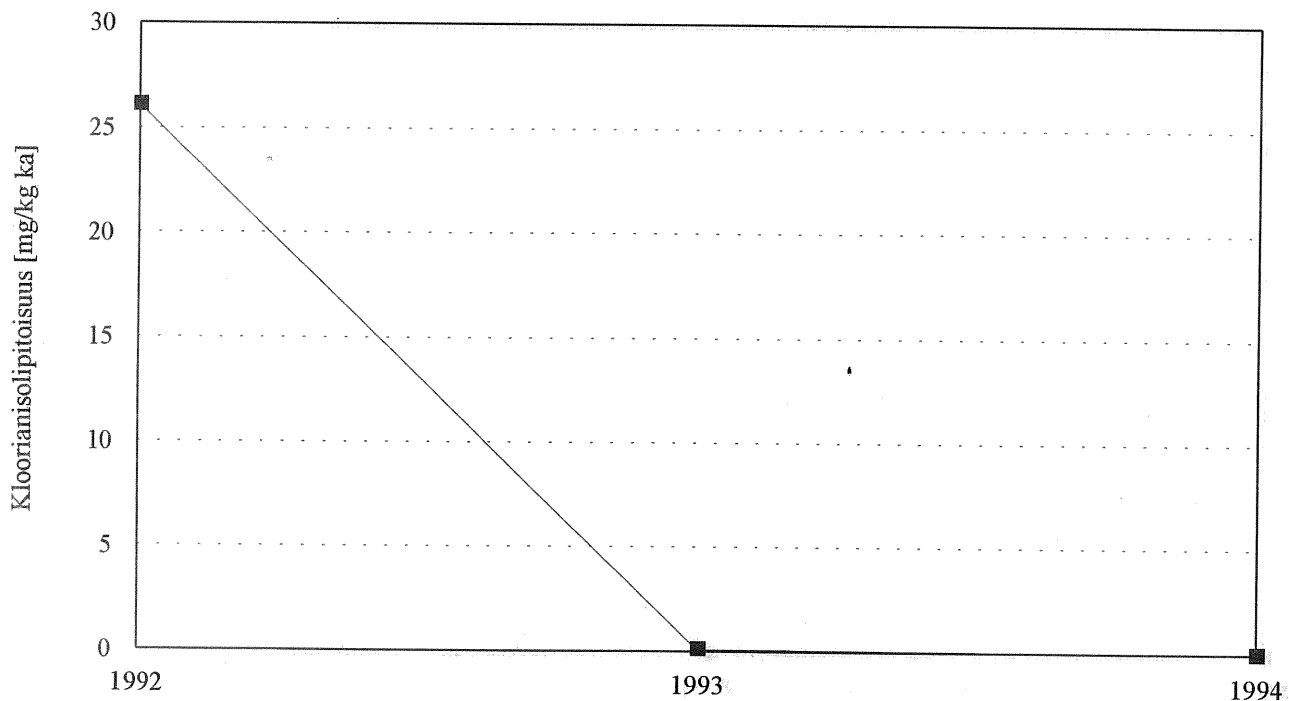
Vapo Oy Röykän saha, Nurmijärvi. Kompostoidun maa-aineksen kokonaismäärä 120 m³. Ympäämätön komposti. Anisoliipitoisuus on noussut hetkellisesti kesällä -90 vaikuttamatta juurikaan kompostoinnin edistymiseen.



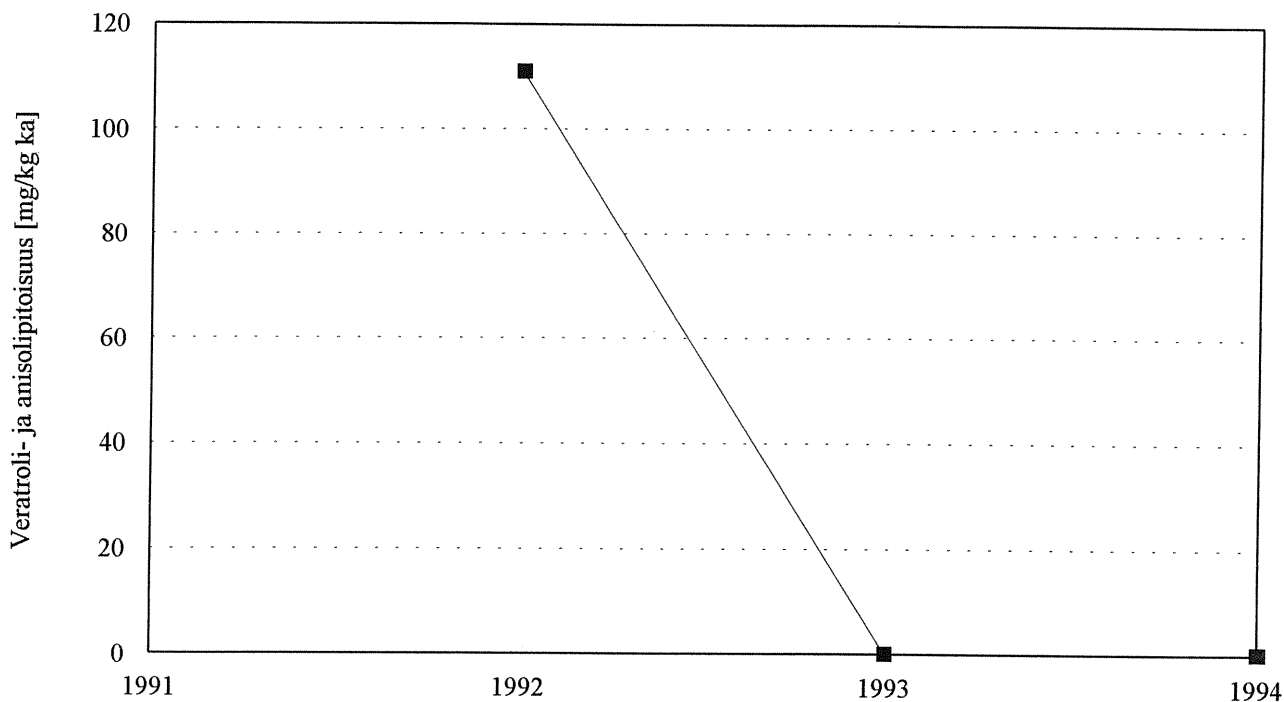
Oy Kyro Wood ltd:n saha, Hämeenkyrö. Kompostiaumojen sisältämän saastuneen maa-aineksen kokonaismäärä 2700 m³. Aumat ympättyjä. Metyloitumistuotteiden keskipitoisuus on ollut suurimmillaan kompostoinnin alkaessa. Pitoisuudet ovat laskeneet hieman kompostoinnin kestäessä. Kompostointi on kohtuullisen korkeista pitoisuuksista huolimatta onnistunut varsin hyvin.



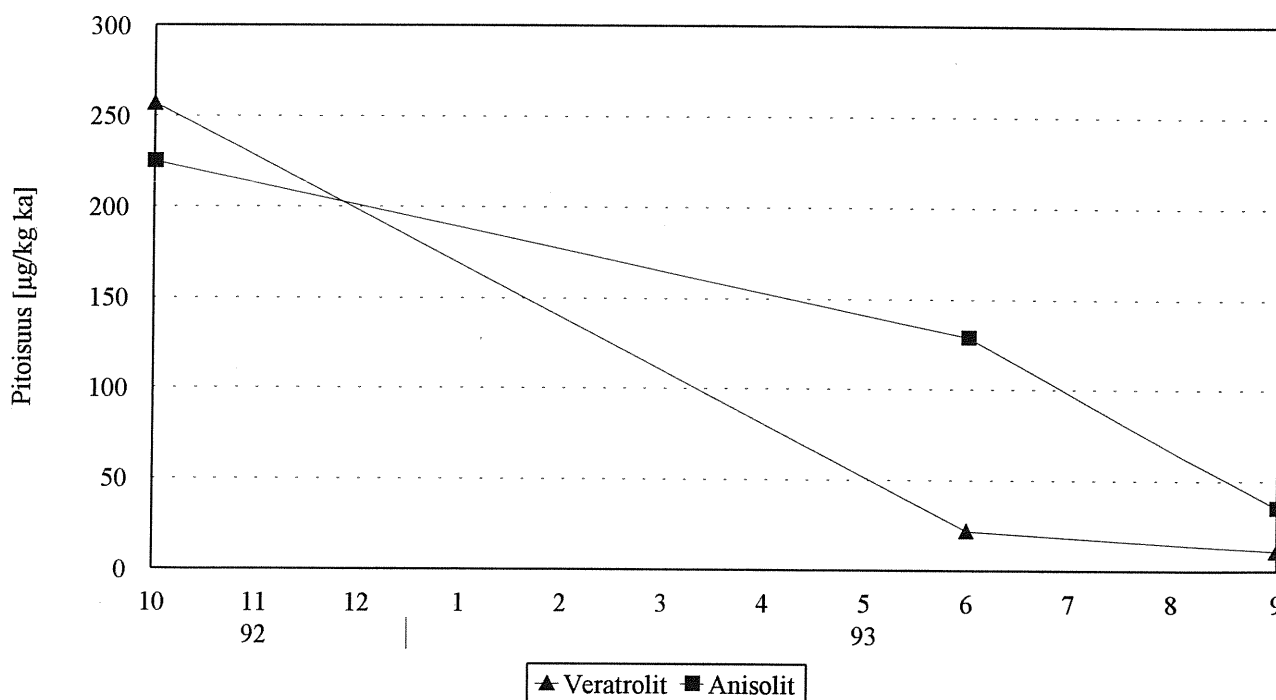
Myllykoski Oy Kausalan saha, Iitti. Aumojen käsitellyn saastuneen maa-aineksen kokonaismäärä 4660 m³. Aumoihin ei ole lisätty ymppeä. Metyloitumistuotteiden pitoisuus on ainakin havaintojen välillä laskenut merkittävästi. Samalla aikavälillä on kloorifenolivähenemä ollut erityisen nopeaa.



Metsä-Serla Oy:n Ylä-Savon saha, Luuniemi, Iisalmi. Käsitellyn maa-aineksen kokonaismäärä 450 m³. Ymppeämätön komposti. Kompostointi on edennyt hyvin huonosti *koko* havaintovälillä. Alun korkeat metyloitumistuotepitoisuudet eivät siten selitä epäonnistumista.



Iisalmen Sahat Oy, Peltosalmi, Iisalmi. Aumojen sisältämän saastuneen maa-aineksen kokonaismäärä 200 m³. Ei bakteeriymppeä. Vuoden 1992 analyysitulokset vaikuttavat epäilyttävän korkealta. Kompostointi on edennyt huonosti varsinkin vuonna 1993 otetun näytteen jälkeen. Metyloitumistuotteiden pitoisuuksilla ei siten liene ollut juurikaan merkitystä kompostoitumisprosessille.



Olkolan saha, Jämsä. Kompostoidun maa-aineksen kokonaismäärä 1000 m³. Ei bakteeriymppeä. Kompostointi on edennyt varsinkin ensimmäisenä kompostointivuonna keskimääräistä hitaammin. Osasyynä tähän saattaa olla kohtuullisen korkea metyloitumistuotteiden lähtöpitoisuus.

